

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**Escola de Engenharia**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de**  
**Materiais (PPGEM)**

# **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**

Carlos Arthur Leães Peixoto

Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre (RS)

2016

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**Escola de Engenharia**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de**  
**Materiais (PPGEM)**

# **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**

Carlos Arthur Leães Peixoto

Dissertação submetida, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Área de Concentração: Tecnologia de Fabricação

Porto Alegre (RS)

2016

**Carlos Arthur Leães Peixoto**

## **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**

Esta dissertação de Mestrado foi analisada e julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio do Grande do Sul.

Orientador: Prof.Dr.Carlos Otávio Petter

**Aprovado em 13 de dezembro de 2016**

BANCA EXAMINADORA

Prof.Dr.Italo Gonçalves – UNIPAMPA

Prof.a Dr.a Gelsa Edith Navarro Hidalgo – UFRGS

Prof.Dr.Paulo Nunes Conceição – UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial ao Dr Carlos Petter pela oportunidade, pela orientação na elaboração deste trabalho e, sobretudo, pela amizade.

À empresa Tintas Renner S/A , pelo apoio e disponibilidade das informações.

A minha filha Gabriela Peixoto, pelo apoio, incentivo, contribuindo de forma decisiva na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1 -</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>5 -</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>5 -</b>
<b>4</b>	<b>ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO</b> .....	<b>5 -</b>
<b>5</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>6 -</b>
5.1	COR .....	6 -
5.1.1	Radiação Eletromagnética – Breve conceito, fonte e detecção.	6 -
5.1.2	Características Físicas dos Objetos – Propriedades de refletir, transmitir, absorver ou dispersar a radiação eletromagnética. ....	9 -
5.1.3	Percepção da Cor – Fisiologia de detecção humana da cor....	11 -
5.1.4	Fundamentos da Tricomia e Aditividade .....	14 -
5.2	TINTAS - COMPOSIÇÃO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO .....	16 -
5.2.1	Composição da Tinta.....	17 -
5.2.2	Processo de Fabricação.....	23 -
5.2.3	Problemas na Aplicação das Tintas que podem Interferir na Percepção da Cor .....	30 -
5.2.4	Colorimetria Diferencial .....	39 -
<b>6</b>	<b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> ... -	<b>56 -</b>
6.1	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE TINTA E TESTES: .....	57 -
6.2	CORRELAÇÃO ENTRE A REFLETÂNCIA DO FILME SECO E A REFLETÂNCIA DA TINTA LÍQUIDA. ....	60 -
6.2.1	Avaliação dos desvios na medida da tonalidade e saturação. -	61 -
6.2.2	Avaliação dos desvios na medida da luminosidade.....	63 -
6.3	VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DA METODOLOGIA NO PROCESSO PRODUTIVO - CONTROLE DA COR DO FILME SECO A PARTIR DA MEDIDA DA COR DA TINTA LÍQUIDA. ....	67 -
6.3.1	Metodologia de Determinação do Padrão Líquido.....	67 -
6.3.2	Controle da cor a seco a partir da medida da cor a úmido – validação experimental .....	70 -
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>83 -</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>86 -</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta automotiva na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma. ....	- 2 -
Figura 1.2 Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta decorativa na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma. ....	- 3 -
Figura 1.3 Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta líquida tanto automotiva quanto decorativa na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma.....	- 4 -
Figura 5.1 - Comportamento dual da luz - Onda e Partícula.....	- 7 -
Figura 5.2 - Características da luz .....	- 7 -
Figura 5.3 - Luz: Espectro Visível .....	- 8 -
Figura 5.4 - Materiais transparentes, translúcidos e opacos.....	- 9 -
Figura 5.5 - Fenômeno da difusão é a combinação dos três fenômenos, reflexão, refração e difração.....	- 10 -
Figura 5.6 - Percepção da Cor.....	- 11 -
Figura 5.7 - Cones e Bastonetes .....	- 12 -
Figura 5.8 – O gráfico ilustra a absorção de energia luminosa por cada cone, presente no olho humano, em função de $\lambda$ .....	- 13 -
Figura 5.9 - Sensibilidade do olho humano a diferentes comprimentos de onda..	- 13 -
Figura 5.10 - Absorção relativa de energia luminosa dos cones em função de $\lambda$ numa mesma escala.....	- 14 -
Figura 5.11 - Sistema de Cores Aditivo .....	- 15 -
Figura 5.12- Sistema de Cores Subtrativo .....	- 15 -
Figura 5.13 - Ingredientes das Tintas .....	- 16 -
Figura 5.14 - Classificação das Resinas – Com um círculo vermelho são identificadas as resinas de maior aplicabilidade.....	- 20 -
Figura 5.15 Processo de Fabricação de Tintas .....	- 24 -
Figura 5.16 Processo de Pré Dispersão .....	- 25 -
Figura 5.17 Dispensor Cowles.....	- 26 -
Figura 5.18 - Moinhos Horizontais .....	- 27 -
Figura 5.19 - Tanques de Completação.....	- 28 -
Figura 5.20 - Filtro Bag .....	- 29 -
Figura 5.21 - Máquina de Envase .....	- 30 -
Figura 5.22 - Comportamento da Radiação Refletida de Acordo com a Rugosidade da Superfície.....	- 31 -
Figura 5.23 Aplicação da Tinta com o Filme muito Espesso – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando o filme de tinta é aplicado com espessura elevada. Essas imperfeições na superfície interferem na avaliação do desempenho do produto, sendo necessária a reaplicação.....	- 32 -

Figura 5.24 Diluição da Tinta com o Diluente não Recomendado – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a tinta é diluída com um solvente muito volátil, ou que apresenta compatibilidade limitada com a resina. A escolha do solvente certo é imprescindível.....	- 33 -
Figura 5.25 Secagem Superficial muito Rápida – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a secagem da tinta é muito rápida, causada pela diluição com um solvente muito volátil, ou quando o tempo de <i>flash off</i> não é respeitado, ou seja a secagem é prematuramente acelerada na estufa. ....	- 34 -
Figura 5.26 Diluição Inadequada – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a diluição é inadequada, ou seja, quando a viscosidade da tinta é ajustada abaixo ou acima do ideal para ser aplicada sobre a superfície. ....	- 35 -
Figura 5.27 Homogeneização Ineficiente – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a tinta não é homogeneizada de forma adequada, não incorporando de forma eficiente seus ingredientes. ....	- 36 -
Figura 5.28 Regulagem Inadequada da Pistola de Pulverização – A figura ilustra dois problemas frequentes que acontecem quando a pressão do ar e o bico aspersor da pistola de pulverização não são regulados adequadamente. A operação do equipamento exige experiência e treinamento do operador. ....	- 37 -
Figura 5.29– Superfície mal Preparada ou Oleosa - A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a superfície não é limpa adequadamente, apresentando partículas sólidas ou resíduo oleoso. A falta de aderência também pode ser causada por falta de lixamento, artifício utilizado para obter uma superfície rugosa. ....	- 38 -
Figura 5.30 “Flash Off “ - A figura ilustra o problema que acontece quando a tinta aplicada é diretamente conduzida para a estufa, onde a cura é processada. Segundo o procedimento, a tinta deve ser mantida a temperatura ambiente por no mínimo cinco minutos, para permitir que os solventes mais voláteis evaporem antes da secagem da superfície do filme. ....	- 39 -
Figura 5.31 - Parâmetros Colorimétricos: Luminosidade, Tonalidade e Saturação.-	41 -
Figura 5.32 - Os Elementos da Cor: Iluminante, Objeto, Observador.....	- 42 -
Figura 5.33 - Espectro do Iluminante D65 .....	- 43 -
Figura 5.34 - Representação Gráfica da Curva de Reflexão do Objeto.....	- 44 -
Figura 5.35 - Experimento Realizado pelo CIE para Reproduzir a Cor Pura $C(\lambda)$ a partir do $R(\lambda)$ $G(\lambda)$ $B(\lambda)$ .....	- 45 -
Figura 5.36 - Resultados do Experimento do CIE Para o Ângulo de <b>20</b> .....	- 47 -
Figura 5.37 – Curva das Cores Espectrais na base CIE XYZ – a figura ilustra o espaço de cores reais (a) e o espaço de cores imaginárias (b).....	- 47 -
Figura 5.38 – Curva das Componentes das Cores Espectrais na Base CIE XYZ – A figura ilustra as curvas de refletância das cores espectrais obtidas a partir dos experimentos realizados com vários observadores pelo CIE. ....	- 48 -
Figura 5.39 - Plano de Cromaticidade no Espaço XYZ – 3 Dimensões.....	- 49 -
Figura 5.40 - Plano de Cromaticidade no Espaço XYZ - 2 Dimensões .....	- 50 -

Figura 5.41 - Representação Gráfica do Cálculo dos Tristimulus.....	- 51 -
Figura 5.42 – A Figura Ilustra o Espaço Psicométrico das Coordenadas Cartesianas ( $L^*a^*b^*$ ) e o Espaço Psicométrico das Coordenadas Cilíndricas ( $L^*,c^*, h^*$ ).....	- 52 -
Figura 5.43 - O Significado Geométrico das Coordenadas $L^* a^* b^*$ e $L^* C^* H^o$ .....	- 53 -
Figura 5.44 – Apresentação do Cálculo de $\Delta E^*$ no Diagrama CIELAB.....	- 54 -
Figura 5.45 - Espaço de Cor $L^* a^* b^*$ .....	- 55 -
Figura 6.1 - Representação Esquemática da Geometria de Medição do Sistema com Esfera Integradora de Iluminação Difusa.....	- 58 -
Figura 6.2 – Desenho Esquemático do Equipamento Colorcélula.....	- 59 -
Figura 6.3 – Detalhe da Colorcélula, ilustrando a Cubeta e o espectrofotômetro.-	60
-	
Figura 6.4 - Espectro de reflexão a úmido e a seco para as cores azul, verde, amarelo e vermelho. ....	- 61 -
Figura 6.5 - Cálculo do coeficiente de determinação para a correlação linear entre a refletância a úmido e a refletância a seco.....	- 62 -
Figura 6.6 - Espectro de refletância a úmido e a seco para as cores cinza claro, cinza médio e cinza escuro. ....	- 63 -
Figura 6.7 - Cálculo do coeficiente determinação para a correlação linear entre a medida a úmido e a medida a seco .....	- 64 -
Figura 6.8 – Correlação entre a diferença de cor a umido ( $\Delta E$ ) e a diferença de cor a seco ( $\Delta E$ ) do Óleo Esmalte Cinza. Esse gráfico foi gerado a partir de três pontos: diferença de cor Cinza médio/Cinza claro ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ ); diferença de cor Cinza escuro/Cinza médio ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ ); diferença de cor Cinza escuro/Cinza claro ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ ); .....	- 66 -
Figura 6.9 - Gráfico Exemplo da Avaliação da Variabilidade do $SUC_{nmmedio}$ ....	- 70 -
Figura 6.10 – Refletância das tintas que serão controladas a úmido .....	- 71 -
Figura 6.11 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Gelo – Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.....	- 74 -
Figura 6.12 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Verde - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.....	- 76 -
Figura 6.13 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Marfim- Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.....	- 78 -
Figura 6.14- Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Azul - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.....	- 80 -

Figura 6.15 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Vermelha - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle..... - 82 -

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Ondas Eletromagnéticas .....	- 8 -
Tabela 5.2 - Pigmentos, tipos e características. ....	- 17 -
Tabela 5.3 - Quadro comparativo das propriedades das resinas Termofixas e Termoplásticas .....	- 19 -
Tabela 5.4 - Obtenção e características das Resinas Alquílicas .....	- 21 -
Tabela 5.5 - Aditivos e suas funções .....	- 23 -
Tabela 5.6 - A tabela relaciona os valores de $\Delta E$ à capacidade de percepção da diferença de cor pelo olho humano. Assim temos desde diferenças imperceptíveis (valores de 0 a 0,2) a diferenças muito grandes (valores acima de 6) .....	- 56 -
Tabela 6.1 Medida da diferença de cor entre os cinzas .....	- 65 -
Tabela 6.2 - Limites de aprovação das cores das tintas da linha Óleo Esmalte ...	- 72 -
Tabela 6.3 - Valores de $\Delta E$ úmido e $\Delta E$ Seco para a Cor Gelo – Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor gelo medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista. ....	- 73 -
Tabela 6.4- Valores de $\Delta E$ úmido e $\Delta E$ Seco para a Cor Verde - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor verde medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista. ....	- 75 -
Tabela 6.5 - Valores de $\Delta E$ úmido e $\Delta E$ Seco para a Cor Marfim- Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor marfim medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista. ....	- 77 -
Tabela 6.6 - Valores de $\Delta E$ úmido e $\Delta E$ Seco para a Cor Azul - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor azul medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista. ....	- 79 -
Tabela 6.7 - Valores de $\Delta E$ úmido e $\Delta E$ Seco para a Cor Vermelha - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor vermelha medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista. ....	- 81 -

## LISTA DE SIMBOLOS

A	Amplitude
B	Cor espectral azul (Blue)
C	Cor espectral Ciano
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
cm	Centímetros
Cv	Coeficiente de Variação
d/0	Geometria do espectrofotômetro com iluminação difusa por esfera de integração e detecção a um ângulo de 8 graus
D65	Iluminante que representa a luz do dia.
E	Energia
f	Frequência
G	Cor espectral verde (Green)
LCQ	Laboratório de Controle de Qualidade
$I(\lambda)$	Absorção da energia luminosa nos comprimentos de onda longos (large), ou seja, entre 580 e 700 nanômetros pelos cones presentes no olho humano.
M	Cor espectral Magenta
min	Minutos
mm	Milímetros
m/s	Velocidade em metros por segundo
nm	Nanômetros
$m(\lambda)$	Absorção da energia luminosa nos comprimentos de onda médios (medium), ou seja, entre 480 e 580 nanômetros pelos cones presentes no olho humano.
R	Cor espectral vermelha (Red)
$R^2$	Coeficiente de determinação
%R	Percentual de Reflexão
$s(\lambda)$	Absorção da energia luminosa nos comprimentos de onda curtos (short), ou seja, entre 400 e 480 nanômetros pelos cones presentes no olho humano.
SUC	Coeficiente da relação seco úmido

T	Período de tempo
V( $\lambda$ ) visível	Sensibilidade dos cones presentes no olho humano em todo o espectro visível
Y	Cor espectral amarela (yellow)
L*,a*,b*	Coordenadas Colorimétricas cartesianas CIE
L*, C, h°	Coordenadas Colorimétricas cilíndricas CIE
$\Delta$	Símbolo que representa a diferença entre as coordenadas
$\Delta E$	Diferença de cor (CIE)
$\Delta E_{\text{seco}}$	Diferença de cor entre o filme seco da amostra e do padrão
$\Delta E_{\text{úmido}}$	Diferença de cor entre a amostra e o padrão no estado líquido.
2°	Dois graus
10°	Dez graus
8°	Oito graus
$\lambda$	Comprimento de onda
%	Percentual.

## Resumo

No presente documento é proposto um método alternativo e inovador para controlar e corrigir a cor de tintas decorativas a base solvente no estado líquido, reduzindo o tempo e o custo do processo de fabricação.

A abrangência do método se estende desde o controle da cor de tintas arquitetônicas e industriais até produtos de mineração, cuja alvura determina a qualidade e o preço do minério.

A medida da cor da tinta é feita de forma relativa, comparando-se a curva de reflexão da amostra com a curva de reflexão do padrão. A técnica consiste em aplicar o produto (da mesma forma como o cliente aplica), deixar o filme secar, e medir a refletância do revestimento utilizando um espectrofotômetro. A partir destas medidas e das equações desenvolvidas pelo CIE  $L^*a^*b^*(1976)$ <sup>1</sup>, a diferença de cor entre o padrão e a amostra é mensurada. A avaliação visual final é executada por um profissional experiente que valida a diferença de cor medida.

O método proposto utiliza a refletância da tinta líquida para o ajuste da cor. Para que essa medida fosse possível, um equipamento específico foi construído, denominado Colorcélula. Neste trabalho é analisada a correlação entre a refletância do filme seco e a refletância da tinta líquida, é estudada a precisão do ajuste de cor a úmido em relação ao ajuste da cor a seco, e é demonstrado, a partir dos resultados, que o controle de cor a úmido quando aplicado no processo produtivo é eficaz, e opera em estado de controle estatístico.

Os dados comprovam a eficácia do método, sendo listadas as vantagens e limitações que viabilizam a sua utilização na discussão final dos resultados.

---

<sup>1</sup> A Comissão Internacional de Iluminação (CIE geralmente abreviada por seu nome francês, Commission Internationale de l'éclairage) é a autoridade internacional em luz, iluminação, cores e espaços de cor. Foi criado em 1913 como um sucessor para o Commission Internationale de Photométrie e é hoje sediada em Viena, Áustria

# Abstract

In the present document an alternative and innovative method is proposed to control and correct the color of solvent-based decorative paints in the liquid state, reducing the time and cost of the manufacturing process.

The scope of the method extends from controlling the color of architectural and industrial paints to mining products, whose whiteness determines the quality and price of the ore.

The paint color measurement is done in a relative way, comparing the reflection curve of the sample with the standard reflection curve. The technique is to apply the product (in the same manner as the customer applies), allow the film to dry, and measure the reflectance of the coating using a spectrophotometer. From these measurements and the equations developed by the CIE  $L^*a^*b^*$ (1976), the color difference between the standard and the sample is measured. The final visual evaluation is performed by an experienced professional who validates the measured color difference.

The proposed method uses the liquid paint reflectance to adjust the color. For this measure to be possible, specific equipment was built, called Colorcell. In this work the correlation between the dry film reflectance and the liquid paint reflectance is analyzed, the accuracy of the wet color adjustment in relation to the dry color adjustment is studied, and it is demonstrated, from the results, that the wet color control, when applied in the productive process, is effective and operates in a state of statistical control.

The data prove the efficacy of the method, listing the advantages and limitations that make its use feasible in the final discussion of the results.

# 1 INTRODUÇÃO

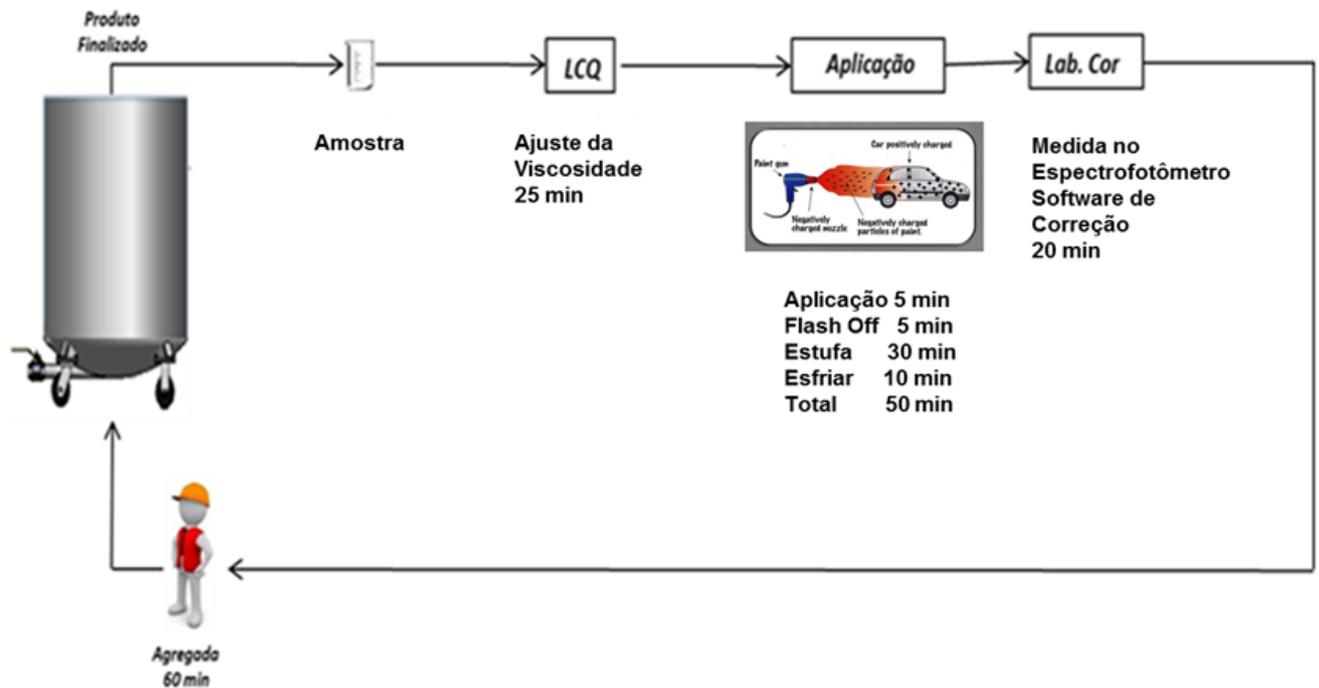
O processo de fabricação de tintas, na grande maioria das empresas desse segmento, caracteriza-se por ser em batelada. Geralmente, são em tanques (de 1000 litros até 20.000 litros) ou em tachos (de 200 litros a 1500 litros) que o produto é processado, e, após ser finalizado, fica aguardando a liberação para o mercado.

O objetivo final é fornecer produtos que atendam os atributos desejados, garantindo que as diferenças de cor entre os lotes sejam imperceptíveis.

No mercado de tintas, existem dois segmentos distintos: As tintas Industriais e as tintas arquitetônicas.

Analisando o segmento de tintas industriais, especificamente as tintas automotivas, em uma montadora de automóveis o revestimento é aplicado sobre o veículo utilizando-se pistolas de pulverização. O automóvel pintado é introduzido em um forno contínuo para a secagem. Na sequência, vários veículos são pintados em série, consumindo vários lotes diferentes da mesma tinta, não podendo haver diferença de cor percebida entre eles. Além disso, peças do automóvel, como os para-choques, também devem ter aparentemente a mesma cor do veículo, mesmo sendo fornecidos por terceiros.

Neste cenário, a maneira encontrada de fornecer lotes “sempre iguais” foi contar, na fábrica, com uma estrutura capaz de reproduzir as condições de aplicação da montadora de veículos, que consiste de uma pistola de pulverização, uma cabine de pintura, uma estufa e um espectrofotômetro.



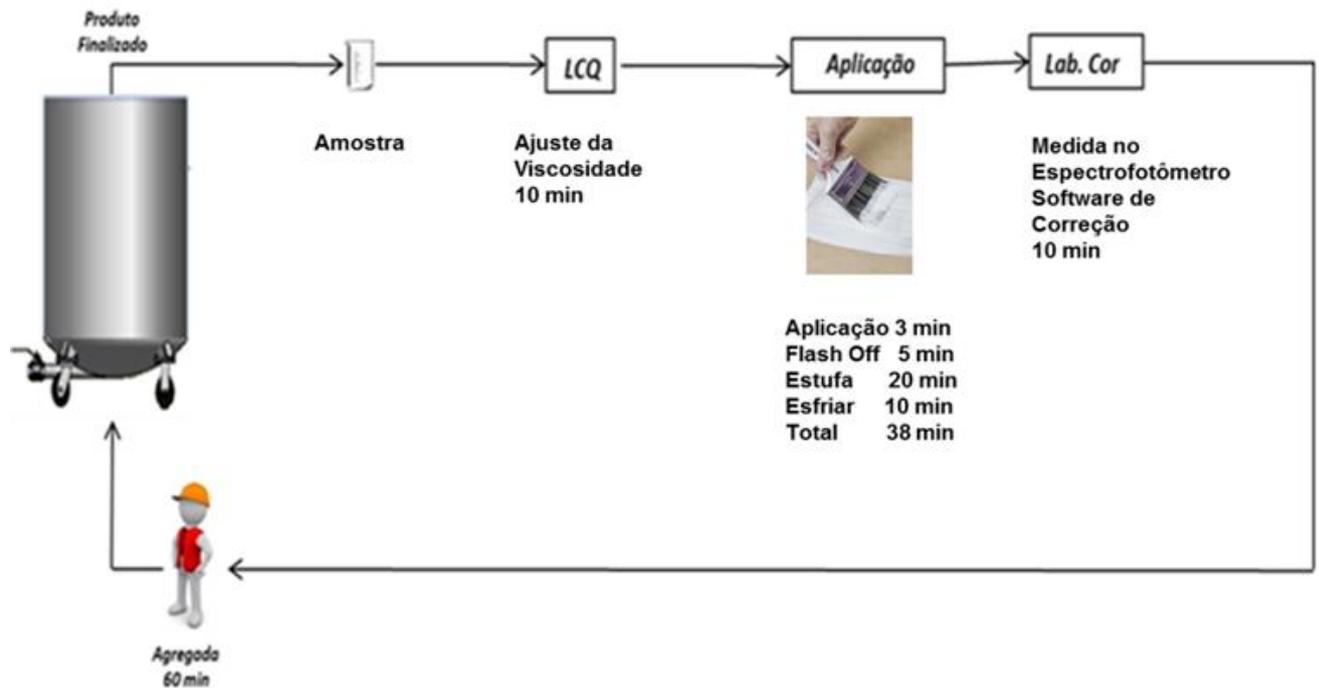
**Figura 1.1** Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta automotiva na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma.

Em média, o tempo gasto para aplicar a tinta recém-finalizada e medir a cor do painel é de 95 minutos. Trata-se do tempo no LCQ<sup>2</sup> para o ajuste inicial da viscosidade, somado ao tempo de aplicação e ao tempo no laboratório de cor, como ilustrado na figura 1.1. As próximas correções serão efetuadas em 70 minutos. Em geral, são executadas três correções para tintas de cor lisa (sem pigmentos de efeito<sup>3</sup>). O processo total demanda 5 horas para a liberação da cor. Não está contabilizado o tempo de demora na “fila de espera” no LCQ, nem os tempos para agregar a correção no tanque, homogeneizar e reenviar nova amostra.

Quando abordamos o segmento de tintas arquitetônicas, que neste trabalho será denominado de tintas decorativas, o ajuste da cor é feito pela avaliação de um painel com a tinta aplicada a pincel (tintas a base de solvente com resina Alquídica), ou com a tinta aplicada a “rolo” (tintas a base d’água com resina Acrílica ou Vinílica). Recentemente, utiliza-se um equipamento mais moderno que reproduz a aplicação a pincel e a rolo: o aplicador automático.

<sup>2</sup> LCQ – Laboratório de Controle de Qualidade: Laboratório onde as propriedades do produto são testadas antes deste ser enviado para o cliente final.

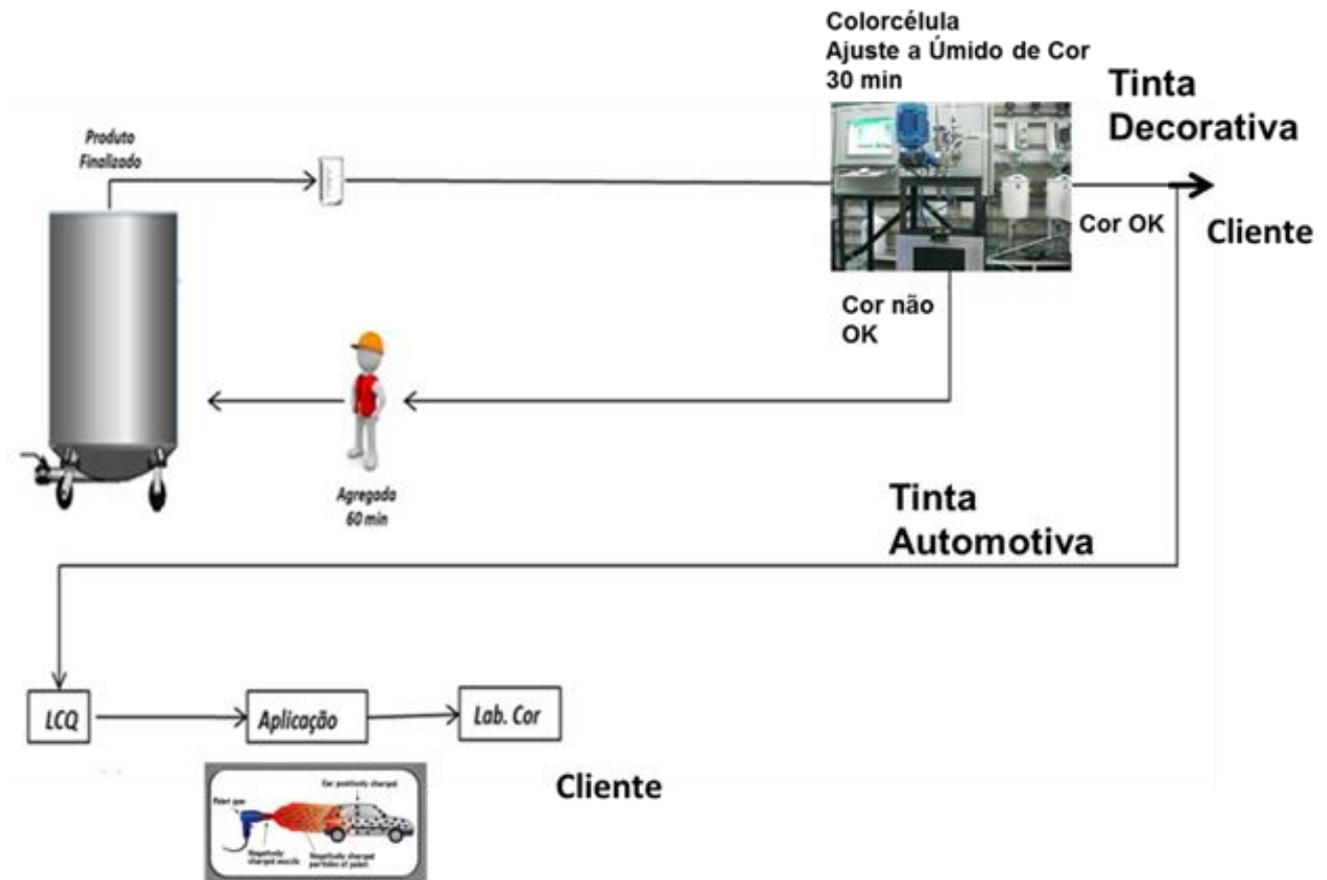
<sup>3</sup> Pigmentos de Efeito: São alumínio e pérolas



**Figura 1.2** Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta decorativa na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma.

Embora pareça um teste “mais simples”, no caso das tintas Alquídicas, os painéis com o revestimento devem repousar a temperatura ambiente por alguns minutos (*flash off*) para na sequência, seguirem para estufa pré-aquecida, onde se processará a secagem. Retirados da estufa, são deixados esfriar para permitir a medida do filme seco com o espectrofotômetro. Esse processo demora em média 40 a 60 minutos para finalizar, e para tintas base d’água é mais rápido, em torno de 15 a 20 minutos. A secagem das tintas base d’água se processa a temperatura ambiente.

É neste contexto que controlar o produto no estado líquido passa a ser uma grande oportunidade, visto que, além de promover uma redução significativa no tempo de ajuste da cor (aumento da produtividade) e conseqüentemente no custo de fabricação, independe dos métodos de aplicação utilizados pelo consumidor final (reduz complexidade e investimentos), e permite que o ajuste de cor seja executado durante o processamento do produto pelo próprio operador, já que dispensa a aprovação visual da cor, resultando em uma redução significativa no custo operacional. A figura 1.3 ilustra o processo de controle de cor a úmido.



**Figura 1.3** Ilustra o processo de ajuste da cor do lote de tinta líquida tanto automotiva quanto decorativa na fábrica, apresentando as etapas do processo e o tempo de execução de cada uma.

No segmento automotivo, estima-se que a liberação da cor, com a nova tecnologia, seja feita em 3,5 horas, 30% de redução no tempo de liberação quando comparada ao método convencional. É importante observar que, neste segmento, a montadora exige receber uma chapa aplicada do lote produzido como evidência da cor. Logo, o tempo de aplicação de uma chapa deve ser contabilizado.

Em relação às tintas decorativas base solvente, a redução estimada no tempo de liberação do produto por cor é de 25 a 40%. Para tintas base água, além de não haver redução significativa no tempo de liberação, há ingredientes (cargas) que interferem na cor a seco e praticamente não interferem na cor do produto líquido, dificultando a utilização desta metodologia.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo do trabalho é demonstrar que é possível controlar a cor dos diferentes lotes de tintas de cor lisa (sem pigmento de efeito), a partir da medida da cor da tinta líquida, sem a necessidade de aplicar o produto e efetuar uma avaliação visual.

O segmento escolhido para exemplificar o método foi o das tintas decorativas a base solvente: Menor portfolio de produtos, não conter pigmentos de efeito (tintas de cores lisas), lotes de maior volume, menor complexidade na avaliação a seco (aplicação a pincel, menor interferência no resultado final), menor exigência na reprodução da cor.

## **3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Discutir a correlação entre a refletância da tinta líquida e a refletância do filme seco da tinta aplicado sobre uma superfície;
- b) Estudar a precisão do ajuste de cor a úmido em relação ao ajuste da cor a seco, buscando determinar o valor da diferença de cor a úmido que torna a cor imperceptível a seco;
- c) Utilizar técnicas estatísticas para determinar o padrão úmido;
- d) Mostrar a partir dos resultados, que o controle de cor a úmido quando aplicado no processo produtivo é eficaz, e opera em estado de controle estatístico.

## **4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

No próximo capítulo, será apresentada a definição de cor, seus aspectos físicos, psicológicos e fisiológicos. Abordaremos a Luz, uma onda eletromagnética, apresentando suas fontes e meios de detecção. Evoluiremos para apresentar a interação da Luz com a matéria e, na sequência, a fisiologia da detecção humana da cor e os conceitos da tricomia e aditividade, base para o desenvolvimento da Colorimetria.. Prosseguiremos com uma descrição da composição da tinta e do processo de fabricação, familiarizando o leitor com o objeto de estudo. Em seguida, abordaremos a metodologia utilizada na liberação/aprovação das cores sem a necessidade da avaliação visual (Colorimetria industrial), iniciando pela descrição dos elementos da cor, explicando o conceito dos parâmetros colorimétricos e apresentando o sistema CIE  $L^*a^*b^*$ (1976). No capítulo seis apresentaremos a metodologia proposta, descrevendo o equipamento construído e apresentando os resultados dos experimentos executados tanto em escala laboratorial

quanto no processo fabril. Finalizaremos com a discussão técnica e a conclusão do trabalho no capítulo sete, apresentando os prós e os contras da utilização desta metodologia.

## **5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1 COR**

A cor de um objeto pode ser descrita como o efeito das ondas da luz visível que o ilumina; uma parte dessa luz é absorvida enquanto a outra parte é refletida ou, no caso dos corpos transparentes, atravessa por ele. A cor desse objeto é o resultado desta porção da luz refletida ou que passa por meio dele. (ANGHINETTI, 2012)

Cor, por definição, é a sensação recebida por meio de nossos olhos devido à observação de um objeto colorido. Ela envolve aspectos psicológicos (os extintores de incêndio são pintados de vermelho) fisiológicos (a cor branca numa mesma intensidade de iluminação é menos cansativa) e físicos (a luz branca é a mistura de todas as cores). Trata-se de um fenômeno psicobiofísico (PETTER & GLIESE, [200-])

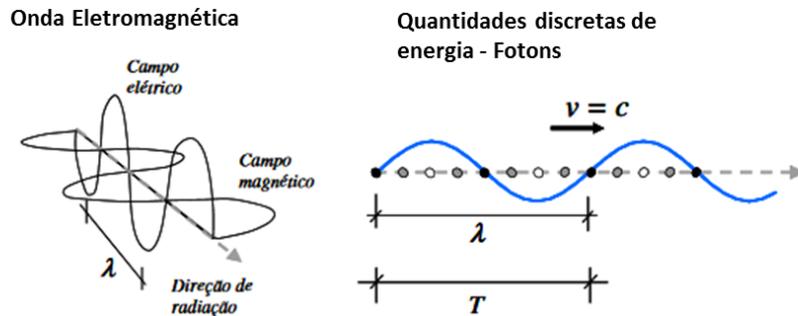
A cor fascinou o homem desde o início da civilização. Foi o povo da idade da pedra que pintou figuras dos animais em várias cores de vermelho, amarelo, marrom e preto, em tamanhos vivos, nas paredes das Cavernas. Durante a idade do bronze, o tingimento foi descoberto.

Como podemos ver, o interesse científico pelas cores é muito antigo. Os cientistas do mundo todo investigaram exaustivamente os seus mistérios, mas somente com a invenção dos computadores digitais nos anos sessenta, a Colorimetria atingiu o seu auge. Com a disponibilidade de computadores mais baratos, os softwares de cor e os espectrofotômetros se popularizaram, e, atualmente, raras são as empresas que não possuem essa tecnologia. (Ladchumananandasivam, 2002)

#### **5.1.1 Radiação Eletromagnética – Breve conceito, fonte e detecção.**

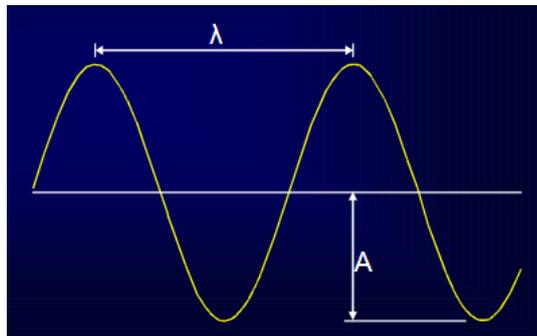
Radiação eletromagnética é um tipo de energia que interage com a matéria de uma grande variedade de formas. A fim de entender a natureza dessas interações, precisamos estudar a energia radiante como apresentando algumas propriedades consistentes com a teoria das ondas, e outras propriedades que faz com que se comporte como partícula. Einstein postulou que a energia de um raio de luz, além de estar distribuída no espaço

como uma combinação de corrente elétrica alternada e campo magnético, está concentrada em quantidades discretas de energia. (Villate, 2005)



**Figura 5.1 - Comportamento dual da luz - Onda e Partícula**  
(PUC-RIO, 2011)

Luz é uma onda eletromagnética, e como tal, caracteriza-se por ter um determinado comprimento de onda ( $\lambda$ ), uma determinada amplitude ( $A$ ), propaga-se a uma determinada frequência ( $f$ ), em determinado período ( $T$ ) com uma determinada energia ( $E$ ) (PETTER & GLIESE, [200-])



**Figura 5.2 - Características da luz**  
(PETTER & GLIESE, [200-])

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas de acordo com seus comprimentos de onda;

Tabela 5.1 - Ondas Eletromagnéticas

(PETTER & GLIESE, [200-])

TIPO	$\lambda$ (nm)
TV/Radio	300.000
IV distante	30.000
Infravermelho	3.000
Luz Visível	400 - 700
Ultravioleta	200
UV distante	100
Raios X	1
Raios Gama	0,01
Raios Cosmicos	0,001

Para este estudo, será focada a Luz no espectro visível.

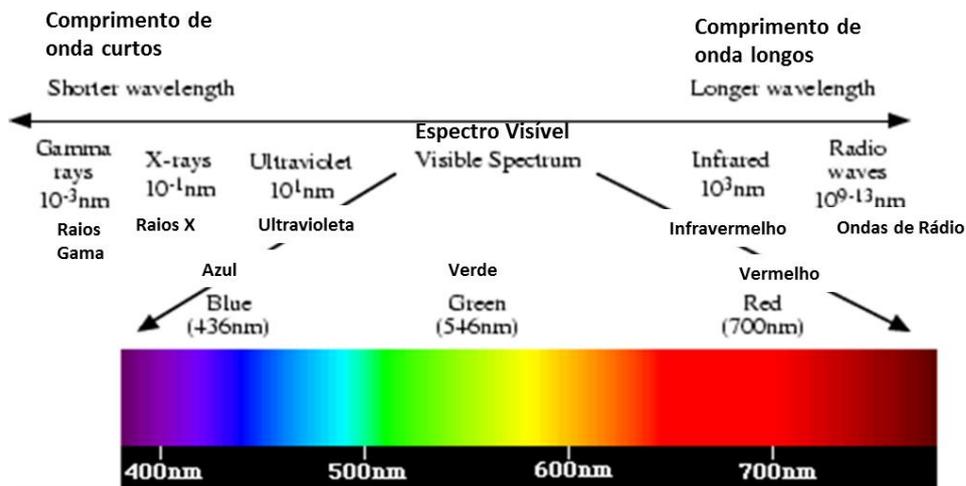


Figura 5.3 - Luz: Espectro Visível

(GONZALES & WOODS, 1992)

Neste trabalho, os postulados serão aceitos, sem entrar na formulação da teoria da natureza da luz. A Luz será aceita como uma forma de energia capaz de excitar a retina

humana e produzir sensações visuais. Dessa forma, interessa mais a ação da luz do que a sua natureza, mais especificamente, as características das tintas e sua capacidade de refletir, transmitir ou difundir a luz.

A Luz (radiação eletromagnética) é gerada por fontes térmicas e fontes não térmicas. Os espectros de origem térmica são contínuos e dependentes da temperatura absoluta do corpo. Os de origem não térmica são produzidos a partir de uma descarga elétrica em um gás, que provoca mobilidade de elétrons nos níveis de energia e, emissão de fótons quando retornam ao seu nível de equilíbrio.

Desde que Newton decompôs em seu laboratório a luz branca em radiações simples, a partir de um prisma, foi desenvolvida toda uma técnica para poder se separar melhor e determinar a composição espectral das luzes compostas. Equipamentos foram desenvolvidos para possibilitar medir, a partir de uma fonte branca, quais as radiações (caracterizadas por frequências definidas) que são absorvidas, espalhadas ou transmitidas por determinada amostra, caracterizando-a. São os espectrofotômetros, presentes no mercado em diferentes geometrias, cada uma desenvolvida para melhor responder a uma aplicação definida. São equipamentos que possuem uma fonte de luz, uma grade de difração e um detector. Com esses equipamentos podemos gerar a radiação eletromagnética (luz), analisa-la (rede de difração) e medi-la (detectores). (LOZANO, 1978)

### 5.1.2 Características Físicas dos Objetos – Propriedades de refletir, transmitir, absorver ou dispersar a radiação eletromagnética.

Os materiais podem classificar-se em três grupos: opacos, transparentes e translúcidos. São opacos os corpos que não deixam passar a radiação eletromagnética, transparentes os que não modificam totalmente a trajetória da radiação incidente e translúcidos os que modificam a maior parte do fluxo incidente, transmitindo ou refletindo em direções distintas ao de incidência.

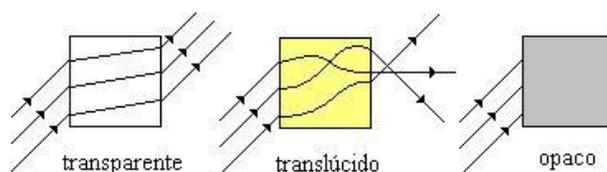


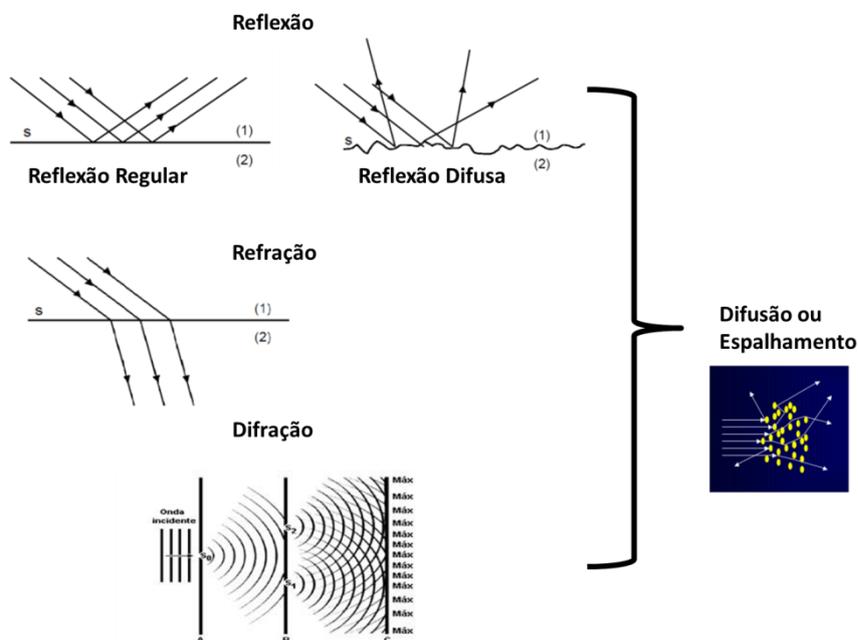
Figura 5.4 - Materiais transparentes, translúcidos e opacos.

(<http://polemicascomm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>, 2012)

As propriedades que definem um corpo são quatro: A absorvância, a refletância, a transmitância e a difusividade (espalhamento). Como o próprio nome já define, absorvância é a capacidade de um material de absorver uma determinada quantidade de energia, ou seja, uma radiação numa frequência específica. (um elétron, no seu estado fundamental absorve energia para migrar para um estado de maior energia). Refletância é a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido. Frequentemente a refletância é apresentada sob a forma de porcentagem. Transmitância é a fração da luz incidente com um comprimento de onda específico, que atravessa uma amostra de matéria. (<http://polemicascmm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>, 2012), (LOZANO, 1978)

Todas essas propriedades dependem do comprimento de onda, logo se definem para cada um. A soma da refletância, absorvância e transmitância, é sempre igual a um.

Essas propriedades se referem à relação entre o fluxo incidente sobre o material e as propriedades deste. A difusão, ou espalhamento, é um fenômeno diferente, acontece pela combinação de três fenômenos, a reflexão, refração e difração. Indica a propriedade do material com respeito à radiação que atravessa o mesmo, e sua capacidade para modificar sua direção. (PETTER & GLIESE, [200-])



**Figura 5.5 - Fenômeno da difusão é a combinação dos três fenômenos, reflexão, refração e difração.**

Adaptado de (conceitos..., 2010) apud (PETTER & GLIESE, [200-])

Quando a luz atravessa uma amostra com partículas dispersas e não dissolvidas, além de ser transmitida, tem uma porção absorvida e outra espalhada (refletida). Produtos com essas características são suspensões, e as tintas fazem parte dessa família.

Por conceito, tintas são suspensões, onde misturamos resinas, solventes, aditivos e pigmentos. Cada pigmento tem um poder de absorção e um poder de espalhamento específico. Quando aplicamos uma tinta sobre uma superfície, a parte volátil evapora (solventes) e a parte sólida (resina) forma um filme, de espessura, composição e concentração de pigmentos determinados.

### 5.1.3 Percepção da Cor – Fisiologia de detecção humana da cor.

O olho humano não consegue diferenciar componentes e sim a cor resultante, diferentemente do ouvido que consegue distinguir, por exemplo, dois instrumentos tocando simultaneamente.

A percepção humana da cor, resumidamente, acontece da seguinte forma:

Os raios luminosos incidem na córnea sendo então refratados; a seguir eles incidem sobre a lente que tem por objetivo projetá-los na retina.

Na retina encontram-se dois tipos de fotorreceptores - os cones e os bastonetes, que convertem a intensidade e a cor da luz recebida em impulsos nervosos.

Estes impulsos são enviados ao cérebro através do nervo ótico e então se tem a percepção de uma imagem. (Vianna, [201-])

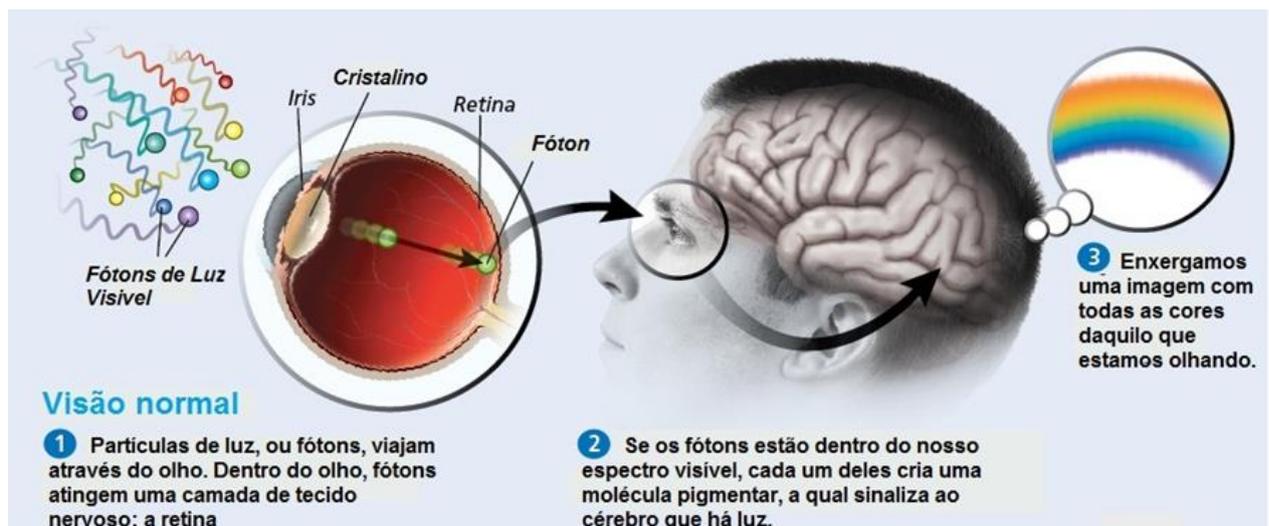


Figura 5.6 - Percepção da Cor

([http://4.bp.blogspot.com/-MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv\\_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg), 2015)

Detalhando um pouco o processo, os fotorreceptores do olho humano apresentam características totalmente diferentes. Existem na verdade três tipos de cones que respondem a espectro de cores distinto (vermelho verde e azul). Os bastonetes são responsáveis pela percepção do claro e escuro.

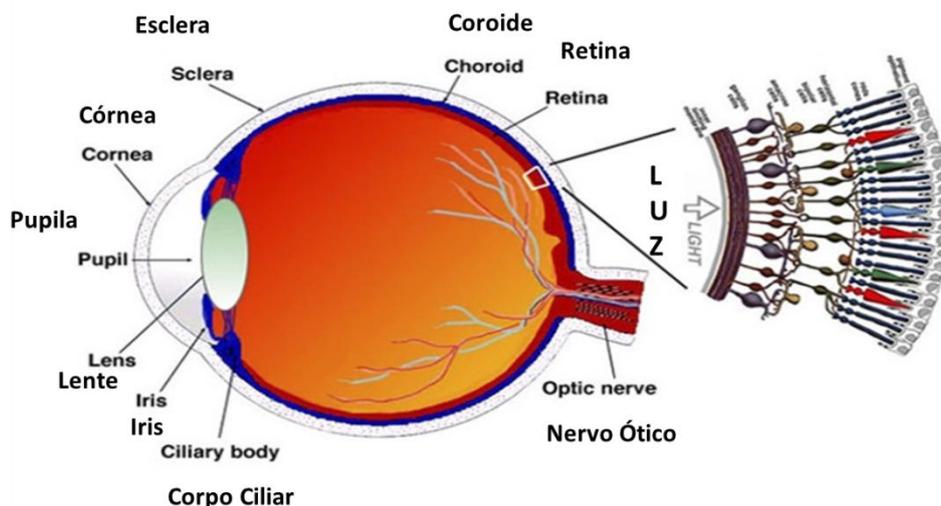


Figura 5.7 - Cones e Bastonetes

(ARTY, [201-])

Por responder melhor a uma determinada faixa de frequências da luz, os cones são denominados de *s*, *m* e *l* de acordo com o comprimento de onda predominante ser curto (*short*), médio, ou longo. A figura 5.8 ilustra os resultados experimentais de sensibilidade de cada um destes cones. Cada um possui um pigmento que consiste de uma proteína que muda de forma quando é atingida pela luz. Mais precisamente quando fótons de uma determinada frequência incidem sobre ela.

Esta mudança dispara uma sequência de eventos a nível celular que ativam neurônios da retina que disparam impulsos no nervo óptico para o cérebro. (PUC-RIO, 2011)

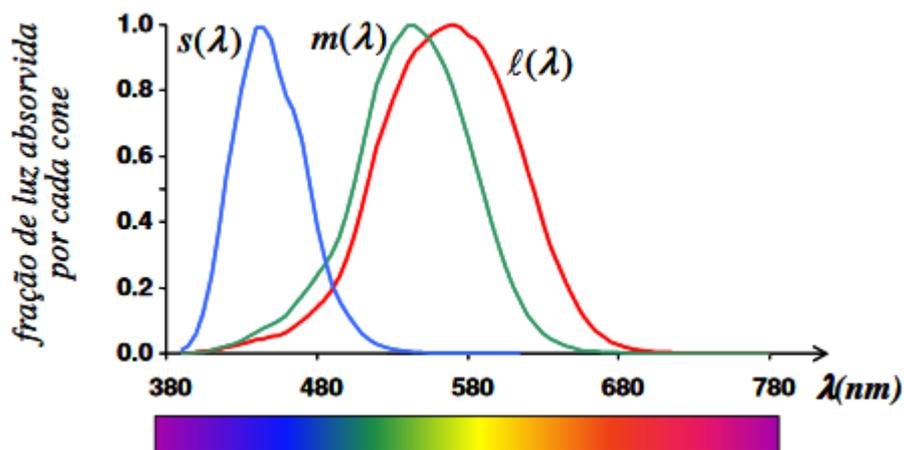


Figura 5.8 – O gráfico ilustra a absorção de energia luminosa por cada cone, presente no olho humano, em função de  $\lambda$ .

(PUC-RIO, 2011)

A Figura 5.9 mostra outra curva experimental importante: ela relaciona a capacidade relativa do olho humano de perceber a luz em função do comprimento de onda da fonte. Outro ponto interessante é que a sensibilidade do olho humano varia suavemente com comprimento de onda começando em zero em 380 nm, chegando a um máximo em 555 nm, e depois retornando suavemente a zero. (PUC-RIO, 2011)

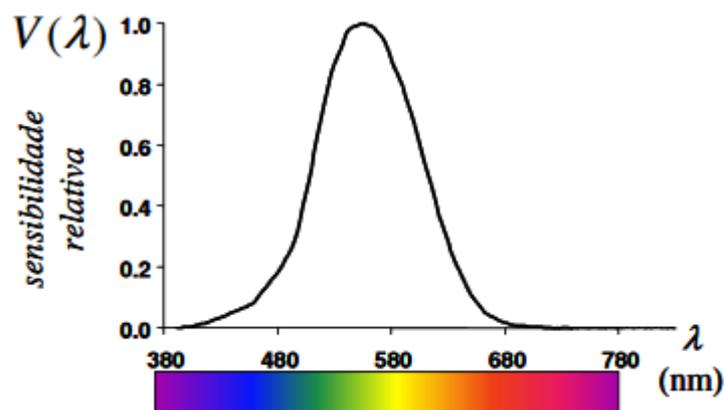


Figura 5.9 - Sensibilidade do olho humano a diferentes comprimentos de onda

(PUC-RIO, 2011)

Deve ser notado que as curvas  $s(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  e  $l(\lambda)$  da Figura 5.8 estão normalizadas para o máximo de cada uma ser um e por isto cada uma está em uma escala diferente. Se levarmos em conta a curva  $V(\lambda)$  (Figura 5.9) podemos ajustar as curvas  $s(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  e  $l(\lambda)$  de forma a colocá-las todas em uma mesma escala. A Figura 5.10 mostra estas curvas. (PUC-RIO, 2011)

Nota-se que a eficiência do cone que responde a cor azul possui uma eficiência bem menor do que os outros dois tipos de cones.

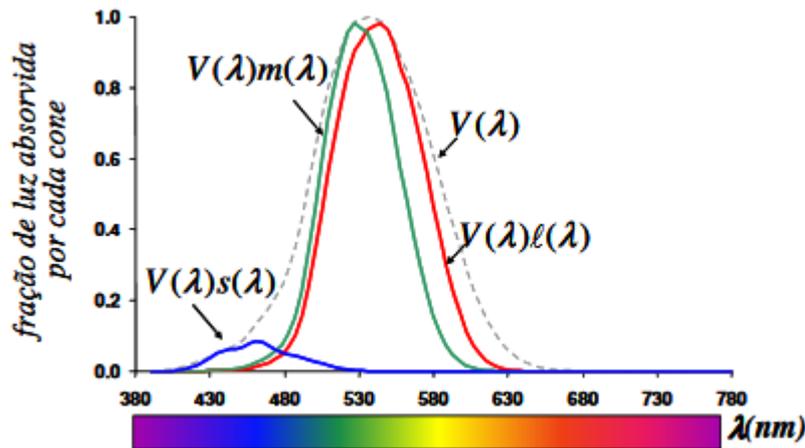


Figura 5.10 - Absorção relativa de energia luminosa dos cones em função de  $\lambda$  numa mesma escala.

(GATTASS, 2006)

Os bastonetes por sua vez, embora existam em número expressivo, só conseguem captar a luminosidade da cor, ou seja, só respondem a um espectro e desta forma não diferenciam cores.

A interação entre cones e bastonetes gera a percepção de cor humana.

O olho humano normal só é capaz de distinguir umas 400 mil cores diferentes. Isto quer dizer que o conjunto de sensações de cor não é nem denso<sup>4</sup> nem ilimitado.

#### 5.1.4 Fundamentos da Tricomia e Aditividade

A partir da descoberta de que o olho humano percebe todas as cores através da composição das três cores básicas (vermelho, verde, azul), cuja detecção é efetuada pelos cones, na retina, a colorimetria foi fundamentada no princípio que todas as cores podem ser representadas a partir da composição de três cores básicas.

Tem-se então, dois sistemas de combinação:

O sistema aditivo, quando se utiliza combinação de luzes; as cores básicas são azul, verde e vermelho.

O sistema subtrativo, quando se utiliza combinação de pigmentos (tintas); as cores básicas são azul (ciano), amarelo, magenta (e o preto).

<sup>4</sup> Denso no sentido matemático: dado um elemento de um conjunto denso sempre existe outro numa distância tão pequena quanto se queira. O conjunto dos números reais é denso.

No sistema aditivo, as cores são obtidas por superposição das cores básicas, ou seja, adição dos comprimentos de onda das cores básicas. Variando-se a intensidade da luz de cada cor básica, pode-se obter qualquer cor. Este mecanismo está presente nos televisores e nos monitores de computador.

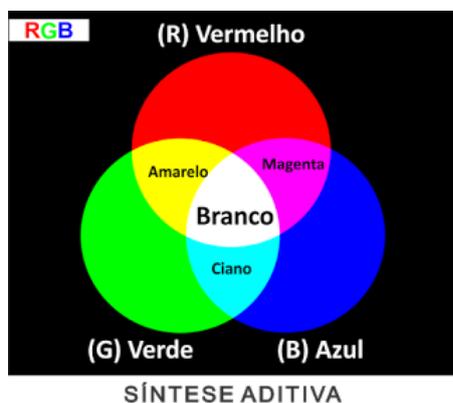


Figura 5.11 - Sistema de Cores Aditivo

(<http://www.aprenderdesign.com/2015/09/estudo-da-teoria-das-cores-entendendo-as-cores.html>, 2016)

No sistema subtrativo, as cores são obtidas pela absorção da energia luminosa, ou seja, pela remoção de parte da luz proveniente do iluminante. Variando-se a quantidade de energia absorvida para cada cor básica, pode-se obter qualquer cor. É a forma como funciona a aditividade de cor de tintas, objeto deste estudo. (PETTER & GLIESE, [200-])

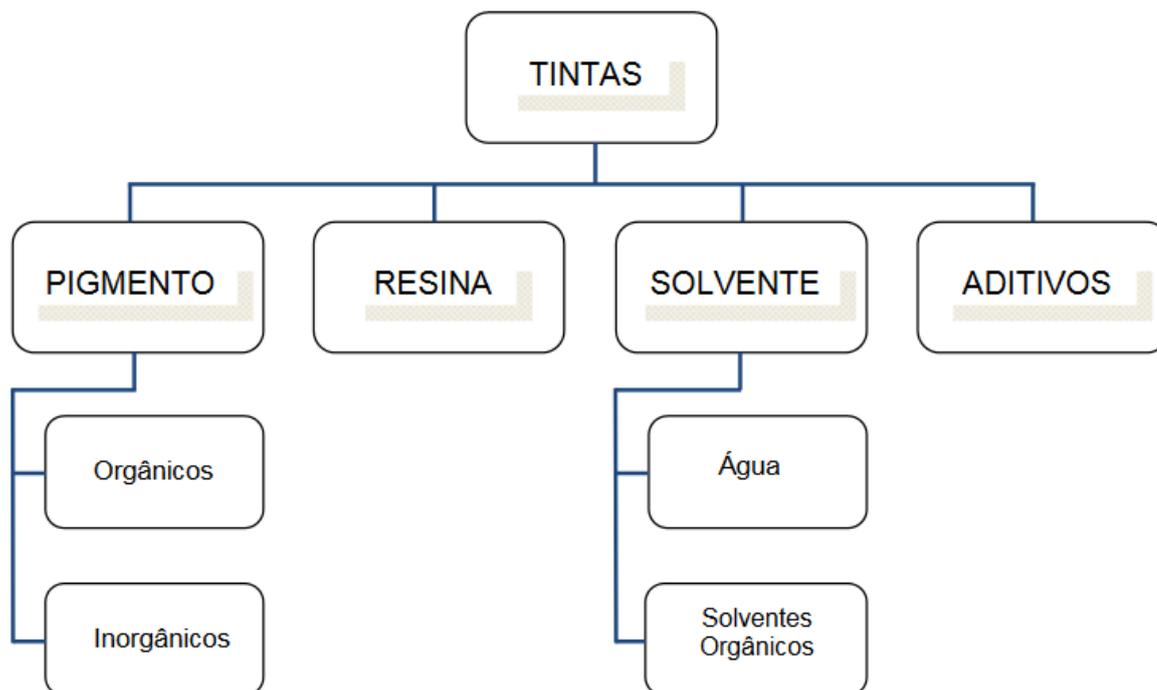


Figura 5.12- Sistema de Cores Subtrativo

(<http://www.aprenderdesign.com/2015/09/estudo-da-teoria-das-cores-entendendo-as-cores.html>, 2016)

## 5.2 TINTAS - COMPOSIÇÃO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A ação do intemperismo sobre os materiais causa danos indesejáveis à economia. O material deteriorado reporta problemas, impactando diretamente na segurança. Materiais como o metal e a madeira, sem o recobrimento apropriado, são suscetíveis à deterioração. Desta maneira, as tintas, os vernizes e as lacas são usados como recobrimento superficial para proteger o material, evitando prejuízos e danos pessoais que possam ser irreparáveis. A proteção não é a única utilidade das tintas. Também são empregadas de maneira artística, pois deixam mais atraente os artigos manufaturados e os ambientes, fornecendo acabamentos impecáveis. Para produzir tintas, alguns ingredientes são fundamentais. São eles: pigmentos, resina, solventes e aditivos. Com o objetivo de atender aos requisitos técnicos, esses ingredientes são rigorosamente selecionados de maneira qualitativa e quantitativa.



**Figura 5.13 - Ingredientes das Tintas**

**(ANGHINETTI, 2012)**

Operações unitárias – como pesagem, dispersão, moagem, completação, filtração e envase – são responsáveis pelo processamento do produto final.

## 5.2.1 Composição da Tinta

### Pigmentos

Os pigmentos são partículas sólidas coradas, orgânicas ou inorgânicas, insolúveis, usadas nos recobrimentos superficiais para proteção anticorrosiva, definição da coloração, impermeabilidade e melhoria das características físicas da película.

**Tabela 5.2 - Pigmentos, tipos e características.**

(ANGHINETTI, 2012)

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Pigmentos brancos</b>	O efeito óptico é causado pela não seletividade da dispersão da luz (exemplos: dióxido de titânio e pigmentos de sulfeto de zinco, zinco branco).
<b>Pigmentos coloridos</b>	O efeito óptico é causado pela absorção seletiva da luz e também pela grande seletividade de dispersão da luz (Inorgânicos: óxido de ferro vermelho e amarelo. Orgânicos: ftalocianinas azuis e verdes, quinacridonas violeta e vermelha, perilenos vermelhos, toluidina vermelha, aril amídicos amarelos, etc.)
<b>Pigmentos pretos</b>	O efeito óptico é causado pela não seletividade de absorção da luz (Orgânicos: pigmentos de carbono. Inorgânicos: óxido de ferro).
<b>Pigmentos de efeito</b>	O efeito óptico é causado pela reflexão regular e interferência (perolas e alumínio).
<b>Pigmentos luminescentes Fluorescentes</b>	A luz de longo comprimento de onda é emitida depois da excitação, em um tempo rápido.
<b>Pigmentos Fosforescentes</b>	A luz de longo comprimento de onda é emitida por um longo tempo depois da excitação.

Os pigmentos frequentemente são confundidos com os corantes. Entretanto, os corantes são substâncias geralmente solúveis em água, e são utilizados para conferir cor a um determinado produto ou superfície. Fixam-se na superfície que vão colorir através de mecanismos de adsorção, ou ligações iônicas e covalentes, enquanto os pigmentos são dispersos no meio (tinta) formando uma dispersão relativamente estável. Os corantes são muito utilizados na indústria têxtil e os pigmentos são fundamentais em tintas para revestimento. (CONCEIÇÃO, GOMES, & SAMPAIO, 2012).

## **Resinas**

Este é o componente responsável pela aglomeração (ligação) das partículas de pigmentos, e também pela formação da película de tinta. De maneira direta, influencia nas propriedades físico-químicas das tintas, sendo responsável pelo acabamento.

O tipo de resina empregado na composição da tinta é tão relevante que o nome da mesma é em função de tal. Assim, tinta alquídica é composta pela resina alquídica, a tinta acrílica pela resina acrílica, etc (CONCEIÇÃO, GOMES, & SAMPAIO, 2012).

Em suma, a resina é a principal matéria prima da tinta, responsável pelas características básicas, tais como: aplicabilidade; secagem e cura; durabilidade; adesão; resistências químicas; resistências a abrasão/riscos; flexibilidade e dureza.

As resinas estão divididas em duas classes, termoplásticas e termofixas. Resinas pertencentes à classe termoplástica são as que fornecem filme que, após secagem e cura, conservam a propriedade de se redissolverem nos solventes originais da formulação e apresentam amolecimento quando aquecidos. Tintas obtidas a partir deste sistema são as lacas, tintas de menor aplicabilidade. Já as resinas ditas termofixas produzem filmes menos sensíveis à redissolução e são resistentes ao amolecimento quando expostos ao calor. Tintas obtidas por este sistema são largamente empregadas na construção civil e na indústria.

Os filmes termoplásticos secam por evaporação de solvente, enquanto os termofixos, além dessa evaporação, ocorre também uma reação de reticulação aumentando o peso molecular dos produtos resultantes, o que explica o mais elevado nível de resistência aos solventes e de menor termoplasticidade. (DONADIO, 2011)

Na tabela 5.3 é apresentado um quadro comparativo das resinas termofixas e termoplásticas, indicando os atributos de cada uma delas.

**Tabela 5.3 - Quadro comparativo das propriedades das resinas Termofixas e Termoplásticas**

Termoplásticos	Propriedades	Termofixos
-	Brilho	+
-	Teor de Sólidos	+
-	Dureza	+
-	Resistência a solventes	+
-	Resistência a calor	+
+	Aplicabilidade	-
+	Custo dos solventes	-
+	Custo por m2 aplicado	-
+	Velocidade de Secagem	-

\*Com relação ao quadro acima, os sinais demonstra (-) inferior e (+) superior.

Fonte: (Kairalla, 2002)

A seguir, como o objeto de estudo são as tintas decorativas a base de solvente, será apresentado o tipo, a obtenção e a principal característica das resinas termofixas alquídicas. Em anexo, encontram-se tabelas com as mesmas informações para as resinas Acrílicas, Vinílicas, Epoxi, Poliuretano, Fenólica e Poliester.

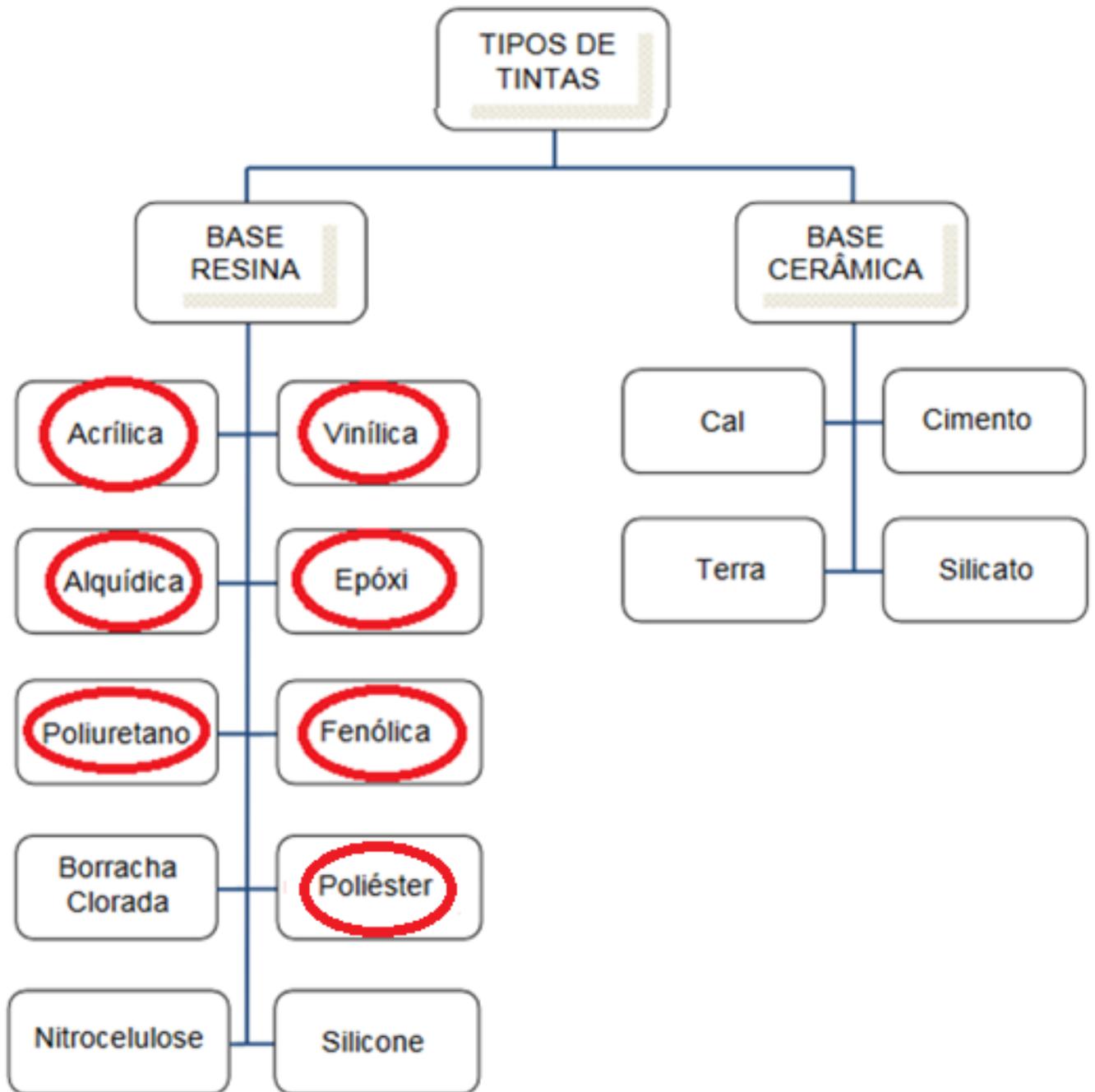
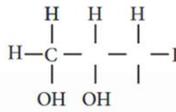
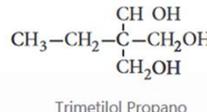
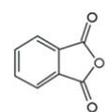
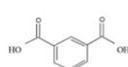
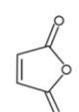


Figura 5.14 - Classificação das Resinas – Com um círculo vermelho são identificadas as resinas de maior aplicabilidade.

(ANGHINETTI, 2012)

**Tabela 5.4 - Obtenção e características das Resinas Alquídicas**

(DONADIO, 2011)

Tipo	Obtenção	Características																																																																																																									
<p align="center"><b>Resina Alquídica</b></p>	<p>As resinas Alquídicas são as mais empregadas no segmento de tintas. Surgiram da necessidade de se melhorar as propriedades físicas químicas dos óleos utilizados em tintas, já que estes apresentavam algumas deficiências, como secagem muito lenta, baixa resistência a intempéries, amarelecimento e termoplaticidade (amolecimento com o calor), entre outros. Com as resinas alquídicas, muitas dessas propriedades foram melhoradas em virtude da ampla possibilidade de combinação com matérias-primas. (DONADIO, 2011)</p>	<p>As reações entre os ácidos e álcoois nos fornecem uma estrutura poliéster que em seguida é reagida com ácidos graxos ou óleos. Conforme a quantidade e a natureza desses ácidos graxos ou óleos, teremos uma resina que se comportará de uma maneira diferente. Dessa forma, podemos classificá-las, quanto ao comprimento de óleo em: Curta, Média e Longa.</p>																																																																																																									
	<p>As matérias-primas mais comuns em resinas alquídicas são os óleos vegetais, os polióis (etileno glicol, glicerina, pentaeritritol) e poliácidos (anidrido ftálico, anidrido trimetílico, anidrido maleico).</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Teor de óleo</th> <th>Classificação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Até 45%</td> <td>Alquídicas curtas</td> </tr> <tr> <td>De 45 a 55%</td> <td>Alquídicas médias</td> </tr> <tr> <td>Acima de 55%</td> <td>Alquídicas longas</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: Fazenda, 1993.</p>	Teor de óleo	Classificação	Até 45%	Alquídicas curtas	De 45 a 55%	Alquídicas médias	Acima de 55%	Alquídicas longas																																																																																																	
	Teor de óleo	Classificação																																																																																																									
Até 45%	Alquídicas curtas																																																																																																										
De 45 a 55%	Alquídicas médias																																																																																																										
Acima de 55%	Alquídicas longas																																																																																																										
<p><b>TIPOS DE POLIALCOOIS</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Glicerina</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Trimetilol Propano</p> </div> </div> <p align="center"><b>Figura 1 - Tipos de Polióis</b> (DONADIO, 2011)</p> <p><b>TIPOS DE POLIÁCIDOS:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Anidrido Ftálico</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Anidrido Isoftálico</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Anidrido Maleico</p> </div> </div> <p align="center"><b>Figura 1 - Tipos de Poliácidos</b> (DONADIO, 2011)</p>	<p>O tipo de óleo empregado também define o desempenho dessa resina quanto a algumas propriedades importantes, como secagem, brilho, retenção da cor e propriedades mecânicas.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Óleo</th> <th>Tipo Acido Graxo</th> <th>% Média (+/-)</th> <th>Formula química</th> <th>Classificação</th> <th>Índice de todo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Linhaça</td> <td>Linoléico</td> <td>51 (3)</td> <td>C18 H30 O2</td> <td>Secativo</td> <td>155-205</td> </tr> <tr> <td>Oléico</td> <td>22 (1)</td> <td>C18 H34 O2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Tungue</td> <td>Linoléico</td> <td>17 (2)</td> <td>C18 H32 O2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Eleostearico</td> <td>80 (3)</td> <td>C18 H30 O2</td> <td>Secativo</td> <td>160-175</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Ótica</td> <td>Linólico</td> <td>78 (3)</td> <td>C18 H28 O2</td> <td>Secativo</td> <td>140-160</td> </tr> <tr> <td>Linoleico</td> <td>82 (2)</td> <td>C18 H32 O2</td> <td>Semi-secativo</td> <td>135-145</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Mamona Desidratada (DCO)</td> <td>Linoleico</td> <td>54 (2)</td> <td>C18 H32 O2</td> <td>Semi-secativo</td> <td>120-141</td> </tr> <tr> <td>Oléico</td> <td>28 (1)</td> <td>C18 H34 O2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Girassol</td> <td>Linoleico</td> <td>59 (2)</td> <td>C18 H32 O2</td> <td>Semi-secativo</td> <td>125-136</td> </tr> <tr> <td>Oléico</td> <td>33 (1)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Mamona Cru</td> <td>Ricínico</td> <td>87 (1)</td> <td>C18 H34 O2</td> <td>Não secativo</td> <td>81-91</td> </tr> <tr> <td>Láurico</td> <td>48 (3)</td> <td>C12 H24 O2</td> <td>Não secativo</td> <td>7,5-10,5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Coco</td> <td>Mirístico</td> <td>17</td> <td>C14 H28 O2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Palmíco</td> <td>7</td> <td>C16 H32 O2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">(DONADIO, 2011)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Tipo de óleo/ Secagem</th> <th>Comprimento</th> <th>Óleos</th> <th>Propriedades/ Aplicações</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Secativo ou Semi secativo Ar/ forçada</td> <td rowspan="2">Acima de 55%</td> <td>Linhaça</td> <td rowspan="2">Solúvel em solventes alifáticos. Alta flexibilidade, brilho e durabilidade. Utilizada em esmaltes litográficos e decorativos</td> </tr> <tr> <td>Soja</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Secativo ou Semi secativo Ar/forçada</td> <td rowspan="2">Entre 45 – 55%</td> <td>Linhaça, Soja, Girassol, Mamona Desidratada</td> <td>Solúveis em alifáticos/ aromáticos. Boa secagem durabilidade e brilho. Utilizada em esmaltes industriais.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Não secativos Estufa</td> <td>Entre 40 – 45%</td> <td>Coco, Mamona Crua</td> <td>Solúveis em alifáticos e aromáticos. Empregado como plastificantes para resinas termoplásticas e largo emprego em lacas nitrocelulósicas.</td> </tr> <tr> <td>Não secativos Estufa</td> <td>Abaixo de 40 %</td> <td>Coco, Mamona Crua</td> <td>Combinados com resinas amínicas para obtenção de sistemas a estufa. Larga utilização em aplicação industrial.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: Kairalla, 2002</p> <p align="center">(DONADIO, 2011)</p>	Óleo	Tipo Acido Graxo	% Média (+/-)	Formula química	Classificação	Índice de todo	Linhaça	Linoléico	51 (3)	C18 H30 O2	Secativo	155-205	Oléico	22 (1)	C18 H34 O2			Tungue	Linoléico	17 (2)	C18 H32 O2			Eleostearico	80 (3)	C18 H30 O2	Secativo	160-175	Ótica	Linólico	78 (3)	C18 H28 O2	Secativo	140-160	Linoleico	82 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	135-145	Mamona Desidratada (DCO)	Linoleico	54 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	120-141	Oléico	28 (1)	C18 H34 O2			Girassol	Linoleico	59 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	125-136	Oléico	33 (1)				Mamona Cru	Ricínico	87 (1)	C18 H34 O2	Não secativo	81-91	Láurico	48 (3)	C12 H24 O2	Não secativo	7,5-10,5	Coco	Mirístico	17	C14 H28 O2			Palmíco	7	C16 H32 O2			Tipo de óleo/ Secagem	Comprimento	Óleos	Propriedades/ Aplicações	Secativo ou Semi secativo Ar/ forçada	Acima de 55%	Linhaça	Solúvel em solventes alifáticos. Alta flexibilidade, brilho e durabilidade. Utilizada em esmaltes litográficos e decorativos	Soja	Secativo ou Semi secativo Ar/forçada	Entre 45 – 55%	Linhaça, Soja, Girassol, Mamona Desidratada	Solúveis em alifáticos/ aromáticos. Boa secagem durabilidade e brilho. Utilizada em esmaltes industriais.			Não secativos Estufa	Entre 40 – 45%	Coco, Mamona Crua	Solúveis em alifáticos e aromáticos. Empregado como plastificantes para resinas termoplásticas e largo emprego em lacas nitrocelulósicas.	Não secativos Estufa	Abaixo de 40 %	Coco, Mamona Crua	Combinados com resinas amínicas para obtenção de sistemas a estufa. Larga utilização em aplicação industrial.
Óleo	Tipo Acido Graxo	% Média (+/-)	Formula química	Classificação	Índice de todo																																																																																																						
Linhaça	Linoléico	51 (3)	C18 H30 O2	Secativo	155-205																																																																																																						
	Oléico	22 (1)	C18 H34 O2																																																																																																								
Tungue	Linoléico	17 (2)	C18 H32 O2																																																																																																								
	Eleostearico	80 (3)	C18 H30 O2	Secativo	160-175																																																																																																						
Ótica	Linólico	78 (3)	C18 H28 O2	Secativo	140-160																																																																																																						
	Linoleico	82 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	135-145																																																																																																						
Mamona Desidratada (DCO)	Linoleico	54 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	120-141																																																																																																						
	Oléico	28 (1)	C18 H34 O2																																																																																																								
Girassol	Linoleico	59 (2)	C18 H32 O2	Semi-secativo	125-136																																																																																																						
	Oléico	33 (1)																																																																																																									
Mamona Cru	Ricínico	87 (1)	C18 H34 O2	Não secativo	81-91																																																																																																						
	Láurico	48 (3)	C12 H24 O2	Não secativo	7,5-10,5																																																																																																						
Coco	Mirístico	17	C14 H28 O2																																																																																																								
	Palmíco	7	C16 H32 O2																																																																																																								
Tipo de óleo/ Secagem	Comprimento	Óleos	Propriedades/ Aplicações																																																																																																								
Secativo ou Semi secativo Ar/ forçada	Acima de 55%	Linhaça	Solúvel em solventes alifáticos. Alta flexibilidade, brilho e durabilidade. Utilizada em esmaltes litográficos e decorativos																																																																																																								
		Soja																																																																																																									
Secativo ou Semi secativo Ar/forçada	Entre 45 – 55%	Linhaça, Soja, Girassol, Mamona Desidratada	Solúveis em alifáticos/ aromáticos. Boa secagem durabilidade e brilho. Utilizada em esmaltes industriais.																																																																																																								
Não secativos Estufa	Entre 40 – 45%	Coco, Mamona Crua	Solúveis em alifáticos e aromáticos. Empregado como plastificantes para resinas termoplásticas e largo emprego em lacas nitrocelulósicas.																																																																																																								
Não secativos Estufa	Abaixo de 40 %	Coco, Mamona Crua	Combinados com resinas amínicas para obtenção de sistemas a estufa. Larga utilização em aplicação industrial.																																																																																																								

## **Solventes**

O solvente é um veículo volátil, de baixo ponto de ebulição, incolor e neutro. É capaz de solubilizar as resinas, formando uma mistura homogênea, e de melhorar sua viscosidade, facilitando a aplicabilidade das tintas e aumentando a aderência ao substrato. Além dessas características os solventes apresentam inflamabilidade, toxicidade e forte odor. São selecionados em função da natureza da tinta, mantêm os pigmentos e as resinas dispersas ou dissolvidas em um estado fluido.

Após a aplicação da tinta, a porção líquida evapora de forma gradual, por meio de solventes com diferentes pontos de vaporização. Controlando a evaporação, é possível evitar o escorrimento da tinta e possibilitar a correção de pequenas imperfeições, formando uma película de pigmentos estruturada com a resina (alastramento).

Normalmente os solventes não reagem com os constituintes da tinta.

Nas tintas de base aquosa, o solvente é substituído pela água em grande parte, sendo usado apenas como um agente coalescente para uma formação adequada da película e para controlar a evaporação da água.

A principal vantagem da água é a melhor condição de salubridade por ser inodora e não ser inflamável. Já a tinta à base de solvente proporciona melhor cobertura, melhor aderência e possibilita melhor trabalhabilidade, principalmente nos reparos.

Os solventes podem ser classificados segundo sua natureza química em: Hidrocarbonetos, alifáticos, aromáticos e terpênicos; Solventes oxigenados, alcoóis, ésteres, éter glicólico, cetona; Solventes clorados; Éter; Nitroparafina. (ANGHINETTI, 2012)

## **Aditivos**

Os aditivos compreendem uma enorme quantidade de componentes, que quando incorporados às tintas em pequenas proporções, normalmente menores que 5%, conferem-lhe importantes propriedades.

Os aditivos e as suas respectivas funções aparecem descritos na tabela abaixo.

**Tabela 5.5 - Aditivos e suas funções**

(ANGHINETTI, 2012)

<b>Aditivo</b>	<b>Função</b>
<b>Secantes</b>	Agem como catalisadores da reação, acelerando a secagem das resinas a base de óleos vegetais
<b>Catalisadores</b>	Aceleram reações que ocorrem lentamente no meio ambiente, não integram o produto final. Fazem parte das tintas Bi componentes, como Epoxi, mas não são o reagente.
<b>Antipeles</b>	Retardam a formação da pele, película formada na superfície da tinta. Durante a aplicação da tinta no substrato este aditivo evapora, permitindo a secagem natural da tinta
<b>Espessantes</b>	São aditivos reológicos. O espessante dá à tinta a viscosidade e fluidez apropriada para sua aplicação e a espessura da película depois da tinta seca.
<b>Antiescorrimto</b>	São também aditivos reológicos que contribuem para que a tinta ao ser aplicada pelo rolo respingue menos e evite o escorrimto após a sua aplicação no substrato.
<b>Surfactantes</b>	São empregados em baixos percentuais, 0,2 a 0,3%. Mantêm os pigmentos dispersos para brilho e uma melhor cobertura do substrato. Estabilizam a tinta, evitando a separação dos componentes. Umedecem a superfície da pintura que está sendo aplicada e compatibilizam os pigmentos para que a cor não se altere depois de seca.
<b>Umectantes e Dispersantes</b>	Os umectantes proporcionam a penetração da resina entre os aglomerados de pigmentos e os dispersantes promovem a estabilização da dispersão. Juntos homogeneizam os pigmentos solidos no veiculo (resina+solvente) da tinta.
<b>Antiespumantes</b>	Os aditivos antiespumantes rompem as bolhas que se formam quando a tinta é misturada no agitador. Age também na aplicação da tinta no substrato, especialmente com o uso do rolo para eliminação do ar e espuma.
<b>Nivelantes</b>	Esse aditivo nivela a tinta quando aplicada evitando a formação de marcas na película formada. Promove uma camada uniforme inibindo ondulações. Age no Alastramento.
<b>Biocidas</b>	Também conhecidos como fungicidas, bactericidas e algicidas, ajudam a proteger as tintas dos micro-organismos indesejáveis, fungos, bactérias e algas, para a conservação das mesmas. Evitam a degradação da película da tinta. São usados também na conservação do produto armazenado no tanque
<b>Estabilizantes de ultravioleta.</b>	Amenizam o efeito destrutivo dos raios nocivos do sol (UV) sobre a pintura aumentando a durabilidade e conservação da cor e brilho. Os absorvedores de ultravioleta (agem preventivamente) e os bloqueadores de radicais (agem reativamente) são os estabilizantes de ultravioleta utilizados em tintas.

### 5.2.2 Processo de Fabricação

A indústria de tintas utiliza um grande numero de matéria-prima e produz uma elevada gama de produtos em função da grande variedade de superfície 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. Nas etapas de fabricação predominam as operações físicas (mistura, dispersão, completagem, filtração e envase), sendo que as conversões químicas acontecem na produção dos componentes (resinas, pigmentos) da tinta e na secagem do filme após aplicação.

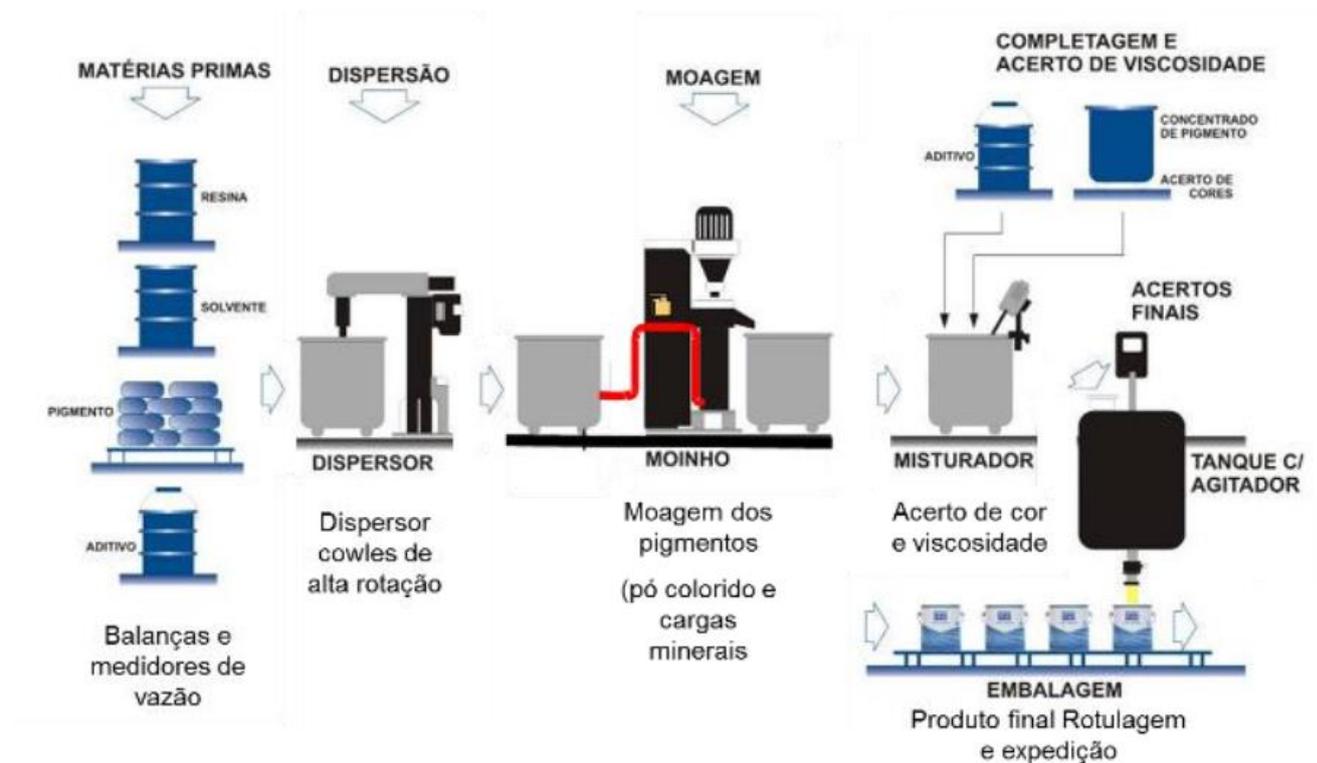


Figura 5.15 Processo de Fabricação de Tintas

(KRÄNKEL, [200-])

### Fases do processo de fabricação das tintas:

**Dosagem das matérias-primas:** De acordo à formulação.

A dosagem pode ser gravimétrica ou volumétrica. Utiliza-se a dosagem gravimétrica para produtos sólidos (pigmentos, cargas e aditivos) e líquidos de alta viscosidade (resinas, aditivos). A dosagem volumétrica geralmente é utilizada em solventes. Devido a grande diversidade de matéria-prima, do tamanho do lote e da formulação, devem-se ter disponíveis balanças de diversos tamanhos e diferentes precisões, bem como diferentes modelos e tamanhos de medidores de vazão.

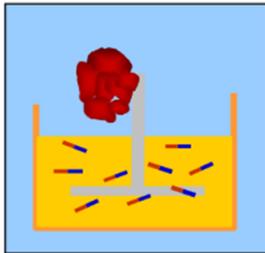
A utilização de tanques balanças é muito frequente, e atribui flexibilidade ao processo. Também são muito populares as “*dispensing machines*”, que dosam os produtos diretamente na embalagem final.

**Pré-dispersão:** Consiste na formação da chamada “pasta de moagem”, que é uma mistura de parte da resina, solvente, aditivo e pigmento.

O objetivo desta etapa é obter uma pasta com alta concentração de sólido, a mais alta possível, que possa ser bombeada através do moinho, equipamento utilizado na próxima etapa.

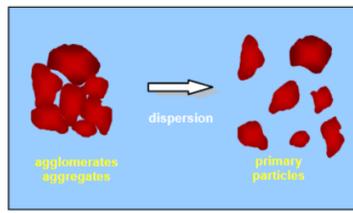
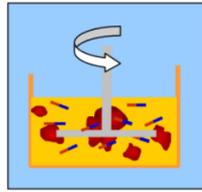
Inicialmente, num dispersor, adiciona-se a resina, parte do solvente e o aditivo. Estes produtos são rapidamente misturados, e formam o veículo para receber o pigmento. Inicia-se, então, a adição de pequenas parcelas do pigmento, lentamente no veículo sob agitação. Findada a adição, aumenta-se drasticamente a rotação do dispersor, até atingir a velocidade periférica de 25m/s. Velocidade onde se obtém alta taxa de cisalhamento. Nesta etapa, inicia-se a desaglomeração dos agregados, e a estabilização da suspensão.

**1 - Adição do agregado de pigmento no veículo**

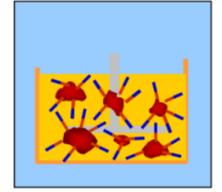


**Veículo= Resina + Solvente + Aditivo**

**2 - Dispersão do aglomerado**

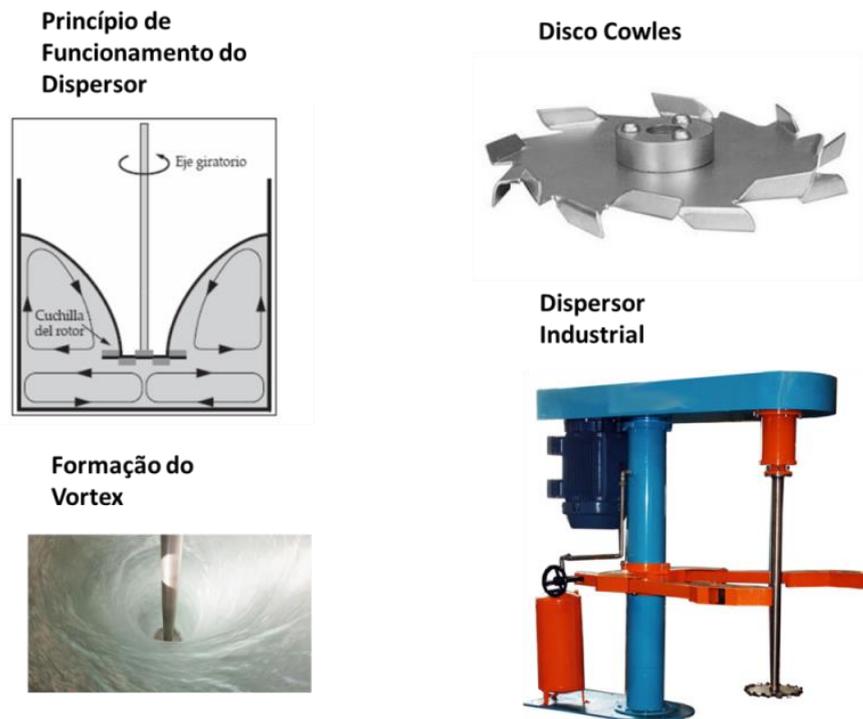


**3 - Estabilização do sistema**



**Figura 5.16 Processo de Pré Dispersão**

(Additives, 2005)



**Figura 5.17 Dispensor Cowles**  
(MOINHO PIRAMIDE, [201-])

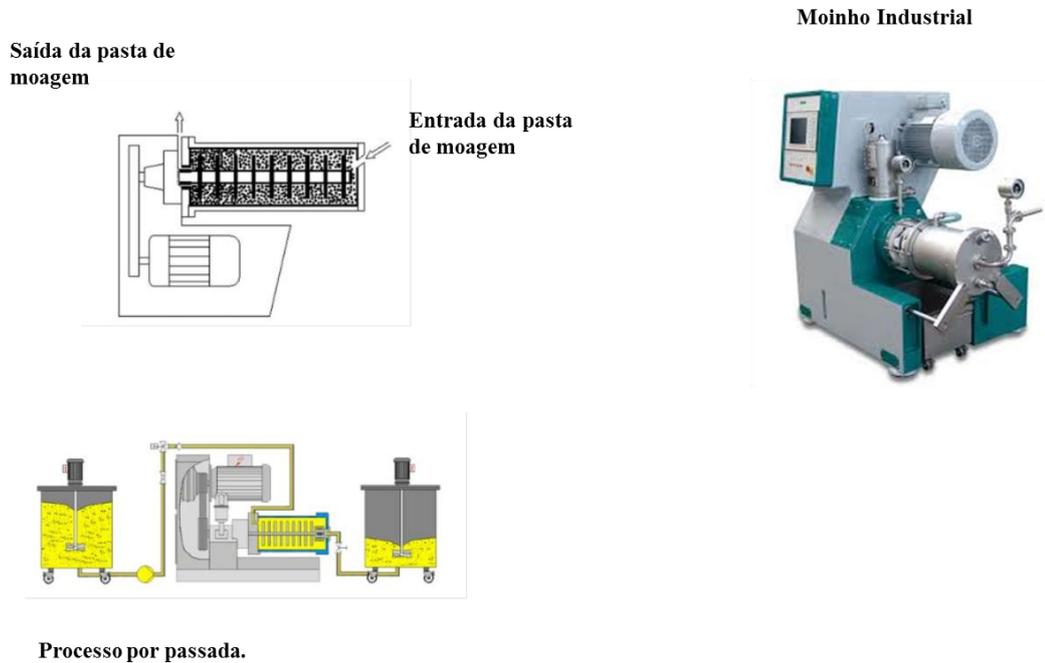
**Processo da Dispersão (moagem):** Consiste na passagem da pasta de moagem pelo moinho.

Nesta etapa, 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, essa operação combina impacto, compressão, abrasão e atrito. É onde ocorre a desaglomeração dos particulados de pigmento que permaneceram inalterados na etapa anterior. É importante ressaltar que não ocorre 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..

Existem vários tipos de moinho, mas comentaremos o modelo de moinho de maior aplicabilidade.

O Moinho Agitador consiste de uma câmara de orientação vertical ou horizontal, normalmente cilíndrica, a qual é preenchida com 70 a 90 % com elementos de moagem. Estes corpos de moagem são geralmente de materiais cerâmicos resistentes ao desgaste (zircônia). Um sistema agitador com pinos, discos ou mesmo uma superfície lisa proporciona a aceleração intensiva dos corpos de moagem. A pasta de moagem é

bombeada continuamente através da câmara de moagem, e os sólidos em suspensão são moídos e dispersos pelo efeito de impacto e cisalhamento entre os corpos de moagem. (HARBS, [200-])



**Figura 5.18 - Moinhos Horizontais**

(HARBS, [200-])

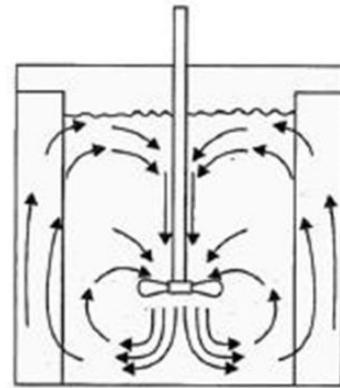
**Completação:** O produto é bombeado para o tanque de processo.

Este tanque pode ter de 2000 a 20000 litros. Geralmente são tanques cilíndricos cuja função é agitar o produto, garantindo a incorporação de todos os ingredientes. O sistema de agitação na maioria dos casos é uma turbina de quatro pás inclinadas e o objetivo não é a 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, alguns aditivos, parte da resina, etc.. Também, é nesta fase onde ocorrem os ajustes das propriedades do produto final, entre eles a viscosidade e a cor.



Plataforma de Tanques de  
Completação de Tintas



Sistema Turbulento de Agitação

Figura 5.19 - Tanques de Completação

(MOINHO PIRAMIDE, [201-])

**Filtração:** Nesta fase, o produto já está pronto, aguardando a fila para o envase.

O filtro é colocado antes da máquina de enchimento, e tem por objetivo reter as sujidades decorrentes do processo, tubulação, tanques, evitando que sejam conduzidas para a embalagem final. A filtração geralmente é por pressão, forçando-se o líquido a atravessar uma malha fina, que pode ser de cinco (5) (acabamentos automotivos) a setenta e cinco (75) micra (tintas decorativas). Os filtros Bag (cesto) são os mais utilizados na indústria de tintas, e o meio filtrante foi desenvolvido para efetuar a filtração por superfície, profundidade e adsorção.



1 - Filtração de Superfície



2 - Filtração de profundidade



3 - Filtração por adsorção



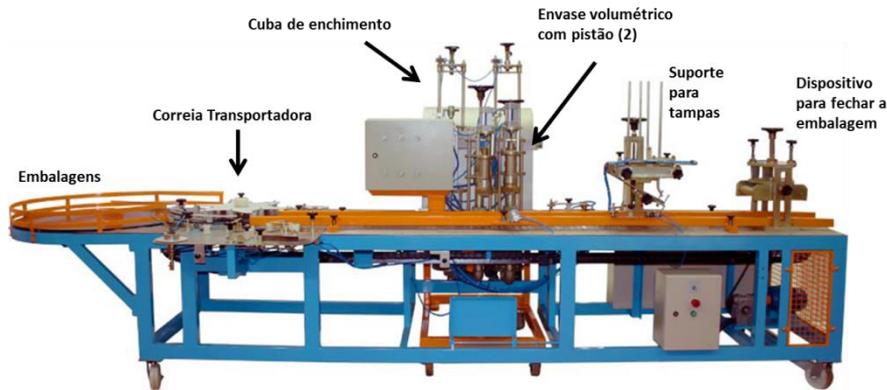
Figura 5.20 - Filtro Bag

(Filtros, [201-])

**Envase:** Esta é a fase da produção que concentra o maior numero de operadores, pois mesmo as máquinas de envase sendo automáticas, deve-se proceder a alimentação das máquinas com embalagens, estrados, tampas e outros acessórios.

A tinta geralmente é bombeada para a cuba de armazenamento localizada na máquina de enchimento, quando então se processa o envase. As máquinas podem envasar pelo princípio gravimétrico ou volumétrico. As gravimétricas são mais precisas. A etiquetagem pode ser automática ou manual.

Um dos grandes desafios operacionais das máquinas de envase de tintas é manter um “set up” de limpeza rápido utilizando pouca quantidade de solvente. Por conta da complexidade, as máquinas atuais demandam mais de uma hora para completar a limpeza.



**Figura 5.21 - Máquina de Envase**

(MOINHO PIRAMIDE, [201-])

### 5.2.3 Problemas na Aplicação das Tintas que podem Interferir na Percepção da Cor

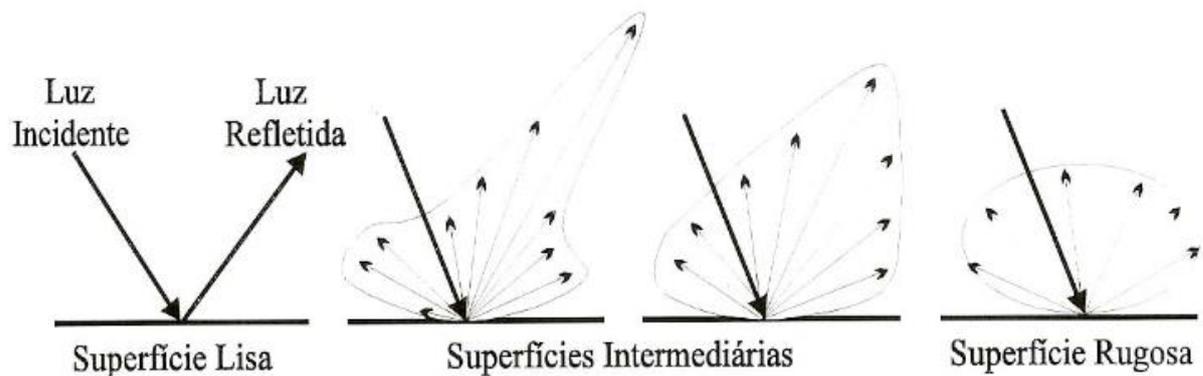
A tinta pronta permanece dentro do tanque. A fase de completção foi finalizada. O operador retira uma amostra e encaminha para o laboratório de Controle de Qualidade (LCQ) onde as análises contidas no plano de controle para aprovação da tinta serão executadas. Nesse momento inicia-se a avaliação da cor.

O produto é aplicado sobre uma superfície. O processo de aplicação depende se a tinta é para a área industrial ou arquitetônica (aplicação com pistola de pulverização ou pincel ou rolo). Em ambos os casos, utiliza-se um espectrofotômetro para medir a curva de reflexão da amostra e comparar esta medida com a curva de reflexão do padrão. Mais do que conhecer a real magnitude da cor, interessa avaliar a uniformidade da produção de cores.

Quando a luz incide sobre uma a tinta aplicada sobre uma superfície, quatro fenômenos principais ocorrem simultaneamente:

- a) uma parte da radiação sofre uma colisão elástica na superfície, sendo refletida de forma especular. É o que se costuma chamar de brilho;
- b) outra parte da radiação atravessa o material, sendo transmitida;
- c) parte é absorvida pelo material, transformando-se em calor ou promovendo reações químicas e,
- d) parte pode ser espalhada por irregularidades na superfície ou heterogeneidades no material propriamente dito.

A refletância pode ir de regular a completamente difusa, de acordo com o acabamento superficial. Este fenômeno está ilustrado na figura 5.22. (FIORETTI, 2007)



**Figura 5.22 - Comportamento da Radiação Refletida de Acordo com a Rugosidade da Superfície.**

(FIORETTI, 2007)

Qualquer imperfeição que ocorra no filme de tinta causada por aplicação inadequada, impacta na avaliação da cor, pois a cor do objeto é o efeito da luz visível que o ilumina.

Nas figuras 5.23 a 5.30 serão apresentados os problemas frequentes que acontecem com o filme de tinta, causados por problemas no método de aplicação, com interferência direta na percepção da cor.

O método de aplicação descreve a preparação da tinta, a regulagem da pistola de pulverização (se tinta industrial), a espessura do filme, o solvente que deverá ser utilizado, a diluição da tinta, a preparação da superfície e o tempo de secagem (“*flash off*” e tempo de estufa).

## 1 - Aplicação da tinta com o filme muito espesso:



Figura 5.23 Aplicação da Tinta com o Filme muito Espesso – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando o filme de tinta é aplicado com espessura elevada. Essas imperfeições na superfície interferem na avaliação do desempenho do produto, sendo necessária a reaplicação.

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 2 – Diluente não recomendado



Figura 5.24 Diluição da Tinta com o Diluente não Recomendado – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a tinta é diluída com um solvente muito volátil, ou que apresenta compatibilidade limitada com a resina. A escolha do solvente certo é imprescindível.

(SOLUÇÕES..., [199-])

### 3 – Secagem superficial muito rápida



**Figura 5.25 Secagem Superficial muito Rápida – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a secagem da tinta é muito rápida, causada pela diluição com um solvente muito volátil, ou quando o tempo de *flash off* não é respeitado, ou seja a secagem é prematuramente acelerada na estufa.**

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 4 – Diluição Inadequada



Figura 5.26 Diluição Inadequada – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a diluição é inadequada, ou seja, quando a viscosidade da tinta é ajustada abaixo ou acima do ideal para ser aplicada sobre a superfície.

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 5 – Homogeneização Ineficiente da tinta



**Figura 5.27 Homogeneização Ineficiente – A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a tinta não é homogeneizada de forma adequada, não incorporando de forma eficiente seus ingredientes.**

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 6 – Regulagem Inadequada da Pistola de Pulverização



**Figura 5.28 Regulagem Inadequada da Pistola de Pulverização – A figura ilustra dois problemas frequentes que acontecem quando a pressão do ar e o bico aspersor da pistola de pulverização não são regulados adequadamente. A operação do equipamento exige experiência e treinamento do operador.**

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 7 – Superfície mal preparada ou oleosa



Figura 5.29– Superfície mal Preparada ou Oleosa - A figura ilustra três problemas frequentes que acontecem quando a superfície não é limpa adequadamente, apresentando partículas sólidas ou resíduo oleoso. A falta de aderência também pode ser causada por falta de lixamento, artifício utilizado para obter uma superfície rugosa.

(SOLUÇÕES..., [199-])

## 8 – “Flash Off” – Tempo de espera ao ar livre antes de colocar a chapa aplicada na estufa



**Figura 5.30 “Flash Off “ - A figura ilustra o problema que acontece quando a tinta aplicada é diretamente conduzida para a estufa, onde a cura é processada. Segundo o procedimento, a tinta deve ser mantida a temperatura ambiente por no mínimo cinco minutos, para permitir que os solventes mais voláteis evaporem antes da secagem da superfície do filme.**

(SOLUÇÕES..., [199-])

Em suma, esses são os cuidados que devem ser tomados ao se aplicar a tinta numa chapa ou numa parede ou equipamento, ou casco de navio e etc.. São problemas não relacionados ao produto, mas a aplicação.

### 5.2.4 Colorimetria Diferencial

A diferença de cor é difícil de ser quantificada. Através de curvas de reflexão por comprimento de onda é possível, depois de algum tipo de treinamento, possuir uma vaga noção das diferenças envolvidas. Por isso, a partir da teoria da percepção humana de cor, foi possível desenvolver um modelo que identifica a natureza das diferenças entre curvas através de três parâmetros:  $\Delta L$ , a diferença de luminosidade,  $\Delta a$  diferença de matiz vermelha,  $\Delta b$  diferença de matiz amarela. Além de promover a identificação das cores, os deltas L, a e b possibilitam uma intuição física bastante palpável.

Desta forma, a teoria da Colorimetria permite a quantificação da diferença de cor, transformando uma avaliação subjetiva em objetiva, com o intuito de tornar desnecessária a avaliação visual. E nesse contexto que a medida da tinta líquida passa a ser possível.

#### **Parâmetros Colorimétricos: Luminosidade, Tonalidade, Saturação.**

A cor é caracterizada pela Intensidade Luminosidade, tonalidade e saturação.

- **Intensidade Luminosa** é o atributo que mensura se a cor é mais clara ou mais escura. É a eficácia da cor em produzir brilho ou claridade.

É importante se destacar a diferença entre luminosidade e brilho: o brilho é uma propriedade física da fonte de luz e a luminosidade depende da percepção humana. Ou

seja, o brilho é uma intensidade de energia emitida pela fonte e medida através da potência em Watts, enquanto a luminosidade é a parcela desta energia que um ser humano normal percebe e é medida em candelas ou em lumens. (PUC-RIO, 2011)

A claridade da cor está associada à sensação produzida por essa cor quando iluminada com uma luz branca de intensidade constante. Está diretamente relacionada ao poder de reflexão da cor (porcentagem da luz refletida).

O valor da luminosidade é determinado pelo grau de proximidade do preto ou do branco. É considerada de valor alto quando é clara (próxima ao branco) e de valor baixo quando escura (próxima ao preto).

As grandezas que representam a intensidade luminosa são alvura, brancura,  $L^*$ , fator de luminância (Y). (PETTER & GLIESE, [200-])

- **Matiz ou Tonalidade (Hue)** é o atributo pelo qual se identifica a cor percebida em cada faixa de comprimento de onda do espectro visível, ou seja, violeta, azul, verde, amarelo, laranja, vermelho. É a “cor pura”, sem a adição de branco ou preto. (PETTER & GLIESE, [200-])
- **Saturação** é o atributo que mede a “pureza” da cor. Quanto mais “viva” for a cor, maior a sua saturação. Quanto mais clara (tender ao branco, como rosa, verde claro, azul claro, amarelo claro, etc), menor é a saturação. (PETTER & GLIESE, [200-])

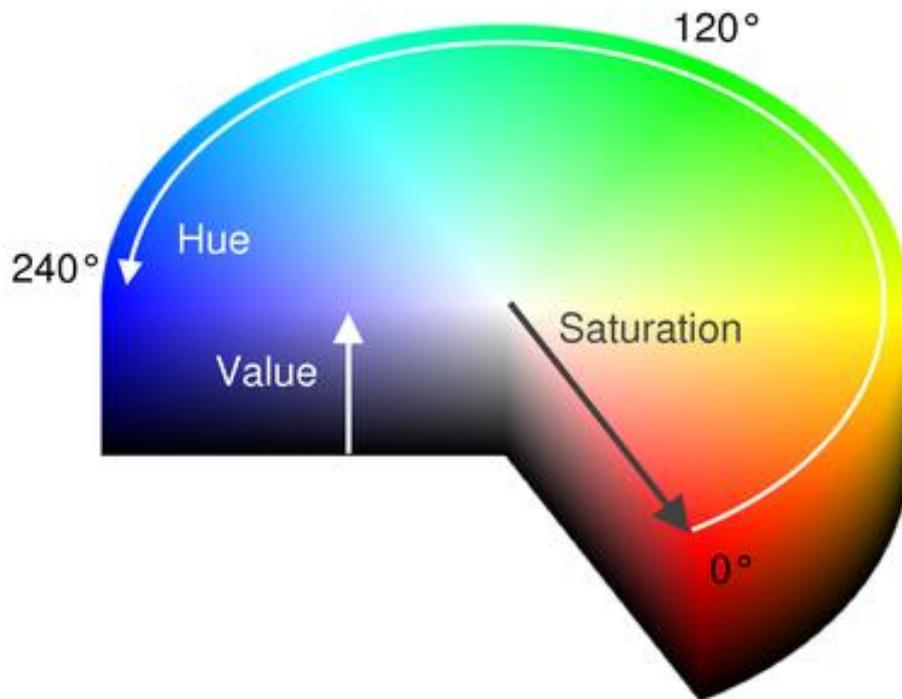


Figura 5.31 - Parâmetros Colorimétricos: Luminosidade, Tonalidade e Saturação.

(AZEVEDO, 2011)

### Sistema Colorimétrico: Elementos da Cor

A cor é resultado da combinação de três elementos distintos: A fonte de luz (o iluminante), o objeto, cuja cor está sendo avaliada, e o observador.

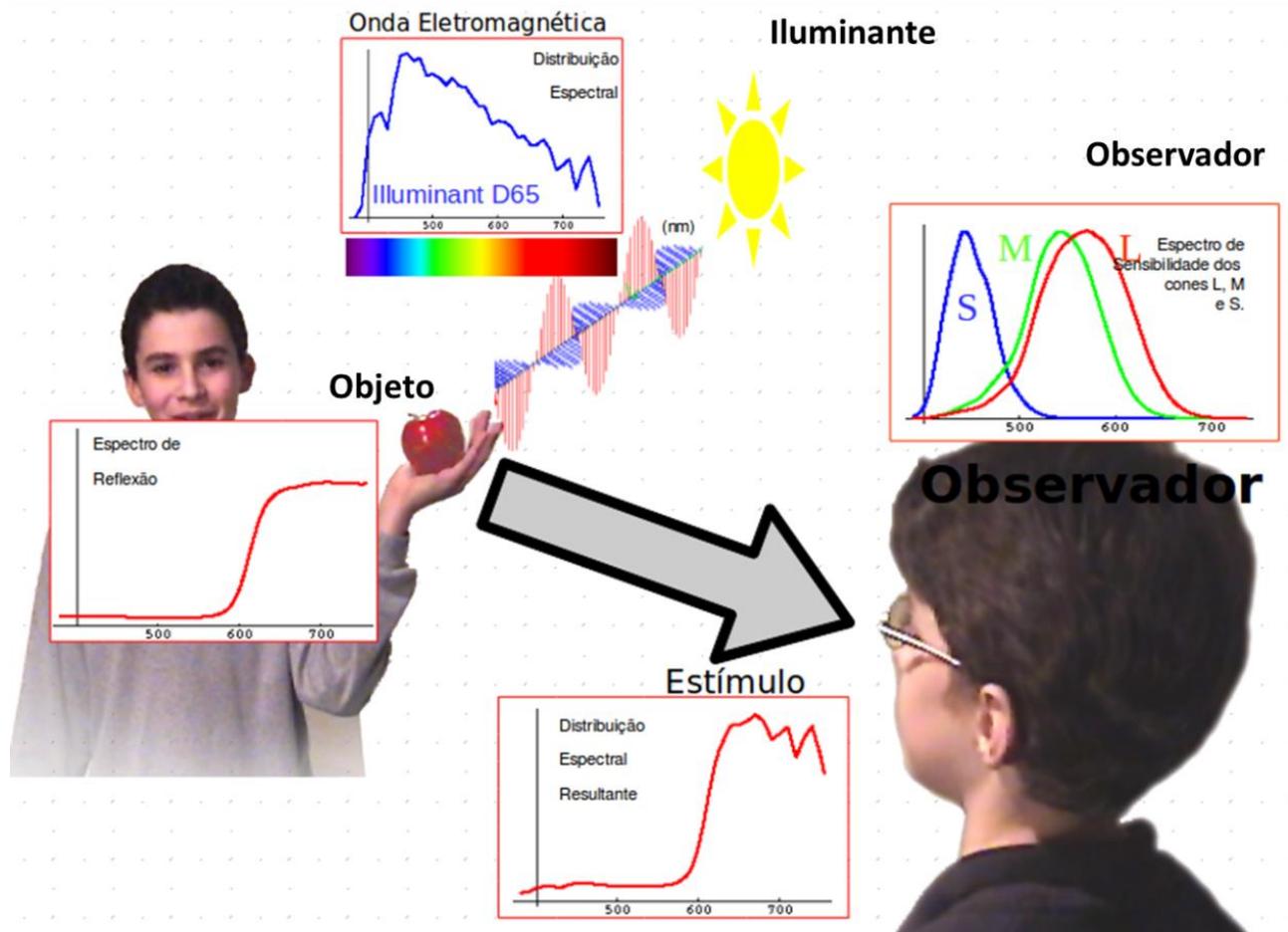


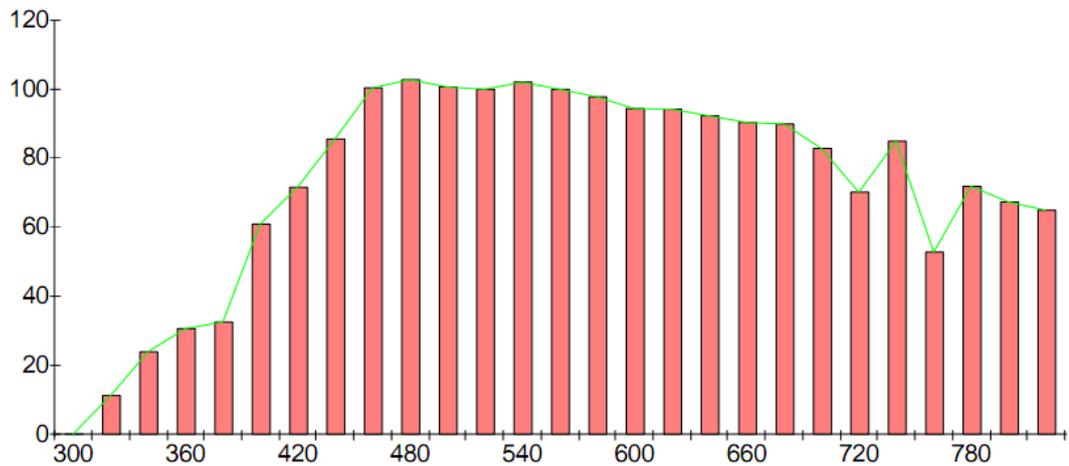
Figura 5.32 - Os Elementos da Cor: Iluminante, Objeto, Observador.

(AZEVEDO, 2011)

a) **Iluminante**: A luz é produzida por uma fonte de luz.

Adicionalmente, também é importante definir-se a diferença de uma fonte de luz para um iluminante. Uma fonte de luz é algo realmente físico, que existe e pode ser ligada ou desligada para iluminar algo. Por outro lado, um iluminante é uma luz que foi definida apenas pela sua distribuição espectral, mas não necessariamente existe. Assim, se, através de experimentos for definida a distribuição espectral de uma fonte de luz sobre um branco, trata-se e um iluminante. Essa diferença é importante, pois o objeto de interesse são os iluminantes, os quais existindo ou não, possibilitam o estudo numérico de como um determinado objeto será visualizado quando iluminado por ele. (AZEVEDO, 2011)

O Iluminante D65 representa a luz do dia.



**Figura 5.33 - Espectro do Iluminante D65**

(AZEVEDO, 2011)

b) **Objeto:** A cor de um objeto nada mais é do que o espectro resultante de todas as interações da luz com ele e que ele emite.

É fácil perceber que ao ser iluminado por fontes de luz diferentes um mesmo objeto pode ter cores diferentes. Isso porque a própria fonte de luz também tem uma cor.

A superfície de um objeto pode refletir de forma diferente diferentes comprimentos de onda.

Sendo assim, também é possível caracterizar a refletância de um objeto por meio de um gráfico onde, para cada comprimento de onda, é obtida a porcentagem de energia que essa superfície reflete.

De posse desses dois dados, pode-se calcular qual o espectro resultante, e consequentemente, qual é a cor que esse objeto terá quando iluminado com um determinado iluminante. (AZEVEDO, 2011)

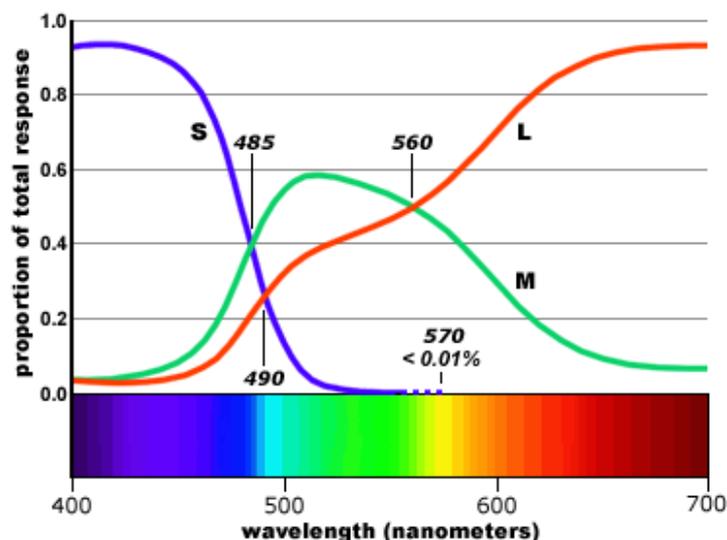


Figura 5.34 - Representação Gráfica da Curva de Reflexão do Objeto  
(GOETH, 2015)

c) **Observador:** Contudo, nem tudo é tão simples como parece.

A percepção de cor é um fenômeno muito mais contextual do que pode parecer a primeira vista. Por exemplo, uma mesma cor com diferentes planos de fundo tende a parecer diferente para o olho humano. Além disso, a cor também é dependente do tamanho dos objetos que esta se visualizando. Tudo isso torna o processo de representação e reprodução de cor muito mais complexo do que parece ser.

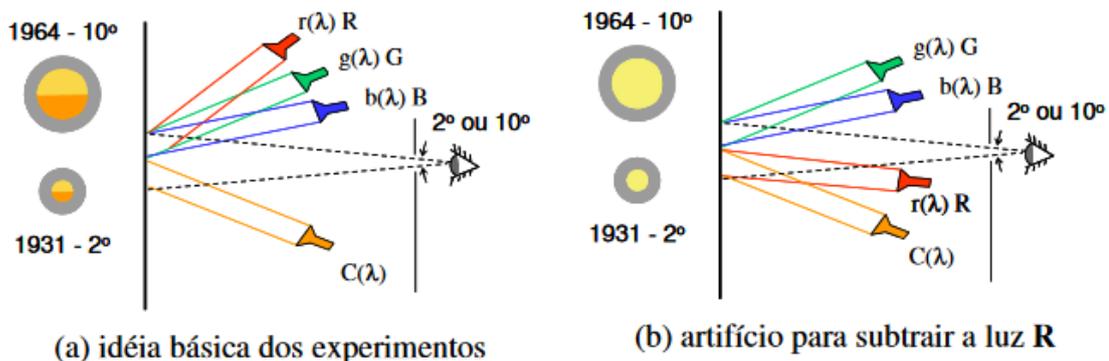
Em 1927, os físicos John Guilda e David Wright reuniram algumas pessoas e realizaram um experimento de correspondência de cores para determinar como uma pessoa comum percebe a cor. Os participantes foram convidados a olhar através de um buraco e reproduzir cada cor do espectro combinando várias intensidades de luzes vermelhas, verdes e azuis. O buraco permitia apenas um campo de visão de 2 graus (semelhante à visão que uma pessoa tem do dedo visto com o braço esticado ou equivalente a um círculo de 1,7 centímetros a uma distância 50 cm) por causa da crença de que os cones sensíveis à cor estavam localizados em um arco de 2 graus na fóvea, uma região da retina.

Contudo, os valores de cor numéricos, de um objeto calculado usando a função do observador padrão  $2^0$ , nem sempre se correlacionam bem com a avaliação visual de cor do olho humano. Na década de 1960, percebeu-se que o olho humano tem um campo de visão mais amplo do que se pensava anteriormente. Por conta disso, a experiência de correspondência de cores foi conduzida novamente, usando um buraco que permite um

campo de  $10^\circ$  de visão (semelhante à visão que uma pessoa tem ao olhar a palma da mão com o braço esticado ou equivalente a um círculo de 8,8 centímetros a uma distância 50 cm). Mostrando diferenças sutis em relação ao primeiro experimento, a função foi ajustada e publicada em 1964 como observador padrão suplementar  $10^\circ$ . (MINOLTA, 2006 )

Usados quando se avalia a cor de um objeto, os observadores padrões CIE<sup>5</sup> ajudam a correlacionar as medições de cores instrumentais com as avaliações visuais humanas. O observador padrão suplementar  $10^\circ$  de 1964 é considerado mais representativo em relação à percepção de cor do olho humano. Recomendado pela CIE, este campo maior de visão é comumente usado em espectrofotômetros para a formulação e avaliação da cor de vários tipos de amostras. (MINOLTA, 2006 )

A Figura 5.35 ilustra o experimento básico de colorimetria do CIE, onde a cor de teste é uma cor espectral pura<sup>6</sup>,  $C(\lambda)$ , como também o são cores puras as cores  $R(\lambda=700\text{ nm})$ ,  $G(\lambda=546\text{ nm})$  e  $B(\lambda=435.8\text{ nm})$ . Este experimento, denominado CIE RGB, foi feito em 1931, com um ângulo de visada do observador de  $2^\circ$  e, em 1964, foi repetido com um ângulo de  $10^\circ$ . A Figura 5.35 (a) mostra dois círculos de teste, um para cada um destes experimentos. Mostra também o ângulo de  $2^\circ$  e  $10^\circ$  referidos acima.



**Figura 5.35 - Experimento Realizado pelo CIE para Reproduzir a Cor Pura  $C(\lambda)$  a partir do  $R(\lambda)$   $G(\lambda)$   $B(\lambda)$**

(PUC-RIO, 2011)

<sup>5</sup> "Commission Internationale de l'Eclairage", CIE, uma organização não governamental, criada em 1913, que tem entre seus objetivos o de criar padrões de medidas da cor. <http://www.cie.co.at/>

<sup>6</sup> Cor totalmente saturada oriunda de uma fonte que emite luz numa só frequência  $\lambda$ .

Baseado na aditividade das cores, deveria ser possível escrever:

$$\mathbf{C}(\lambda) = r(\lambda)\mathbf{R} + g(\lambda)\mathbf{G} + b(\lambda)\mathbf{B}$$

1

Ocorre, entretanto, que a combinação de três fontes luminosas de diferentes partes do espectro resulta necessariamente em uma cor menos saturada que a cor,  $C(\lambda)$ , que pela definição do experimento é pura e totalmente saturada. Ou seja, o metamerismo<sup>7</sup> pretendido não ocorreu porque o conjunto de cores é limitado e uma cor pura é uma cor na fronteira do conjunto e não pode ser escrita como uma combinação de outras. (PUC-RIO, 2011)

Os pesquisadores, que deram base ao experimento do CIE, utilizaram o artifício ilustrado na Figura 5.35 (b) para contornar esta falta de correspondência. Na solução proposta uma das cores básicas, R, G ou B é colocada somando com a cor espectral  $C(\lambda)$ . Desta forma se pode obter uma equivalência dos dois lados dos semicírculos iluminados na Figura 5.35 (b). Isto poderia ser escrito como:

$$\mathbf{C}(\lambda) + r'(\lambda)\mathbf{R} = g(\lambda)\mathbf{G} + b(\lambda)\mathbf{B}$$

ou

$$\mathbf{C}(\lambda) = r(\lambda)\mathbf{R} + g(\lambda)\mathbf{G} + b(\lambda)\mathbf{B} \text{ onde: } r(\lambda) = -r'(\lambda)$$

2

3

Ou seja, o experimento não invalidou a lei da aditividade das cores (1<sup>o</sup> Lei de Grassmann<sup>8</sup>), apenas forçou que se entendesse esta equivalência entre cores de uma forma mais ampla. A cor de qualquer espectro pode ser escrita como uma superposição de três espectros básicos.

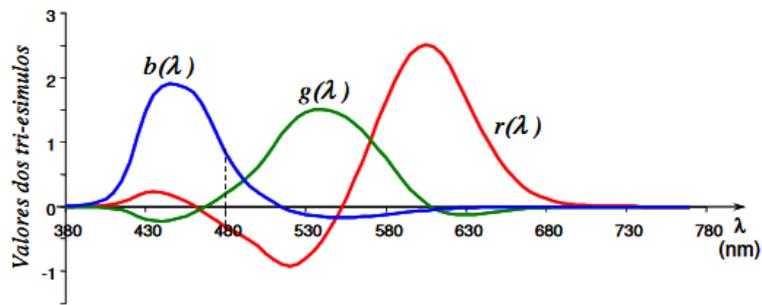
Pode ocorrer, entretanto que algum deles tenha que ser adicionado na cor de teste representando uma componente negativa. (PUC-RIO, 2011)

Os valores reportados pelas pessoas foram tratados estatisticamente e os resultados foram publicados pelo CIE. As curvas de 2<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup> são parecidas, mas não são iguais.

---

<sup>7</sup>Metamerismo: todos os espectros que produzem as mesmas respostas tri-cromáticas são indistinguíveis quanto à sensação de cor, ou seja, espectros diferentes produzem a mesma cor.

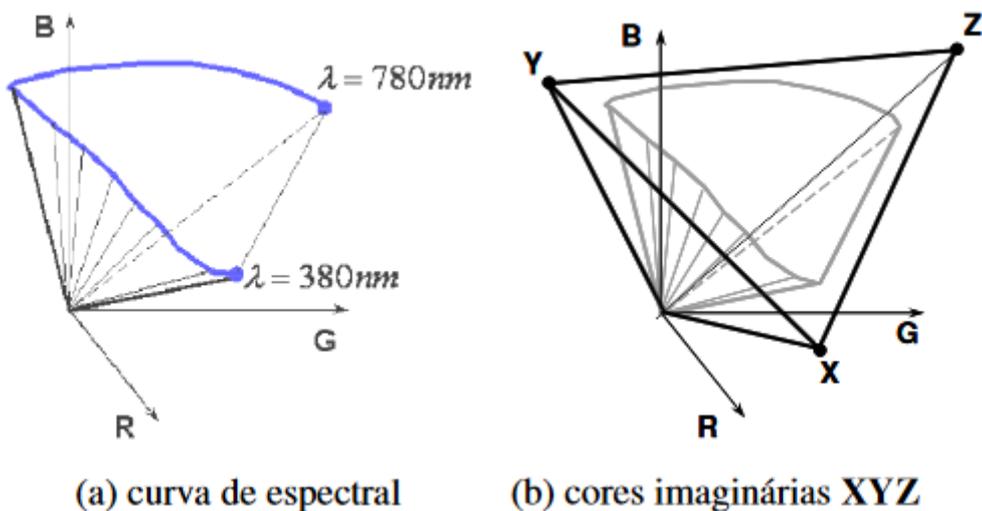
<sup>8</sup> 1<sup>a</sup> Lei de Grassmann: A sensação de cor de qualquer espectro pode ser obtida da mistura de três cores primárias.



**Figura 5.36 - Resultados do Experimento do CIE Para o Ângulo de  $2^\circ$**   
(PUC-RIO, 2011)

Para exemplificar o significado destas curvas, a figura 5.36 mostra uma linha tracejada que indica que para representar uma cor espectral pura de  $\lambda=480$  se teria que somar a luz azul com um pouco de verde e “subtrair” (colocar do outro lado) uma porção vermelha. (PUC-RIO, 2011)

Os valores negativos levaram o CIE a fazer uma transformação de coordenadas reescrevendo estes valores numa base de cores imaginárias XYZ escolhidas de tal forma que as cores visíveis pudessem ser escritas como uma combinação linear delas somente com coeficientes positivos (A escolha resultou em coeficientes positivos, mas utiliza como base cores que não existem. São cores que seriam cores reais “subtraídas” outras cores. Matematicamente seriam luzes com espectros de potência com valores negativos). (PUC-RIO, 2011)



**Figura 5.37 – Curva das Cores Espectrais na base CIE XYZ – a figura ilustra o espaço de cores reais (a) e o espaço de cores imaginárias (b)**

(PUC-RIO, 2011)

Desta forma:

$$\bar{x}(\lambda) = 0,490 r(\lambda) + 0,310 g(\lambda) + 0,200 b(\lambda) \quad 4$$

$$\bar{y}(\lambda) = 0,177 r(\lambda) + 0,813 g(\lambda) + 0,011 b(\lambda) \quad 5$$

$$\bar{z}(\lambda) = 0,010g(\lambda) + 0,990 b(\lambda) \quad 6$$

A partir dessa mudança de coordenadas, uma cor espectral pura,  $C(\lambda)$ , pode ser reescrita como:

$$C(\lambda) = \bar{x}(\lambda)X + \bar{y}(\lambda)Y + \bar{z}(\lambda)Z \quad 7$$

Onde,  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  e  $\bar{z}(\lambda)$  possuem apenas valores positivos como ilustra a Figura 5.38 (PUC-RIO, 2011).

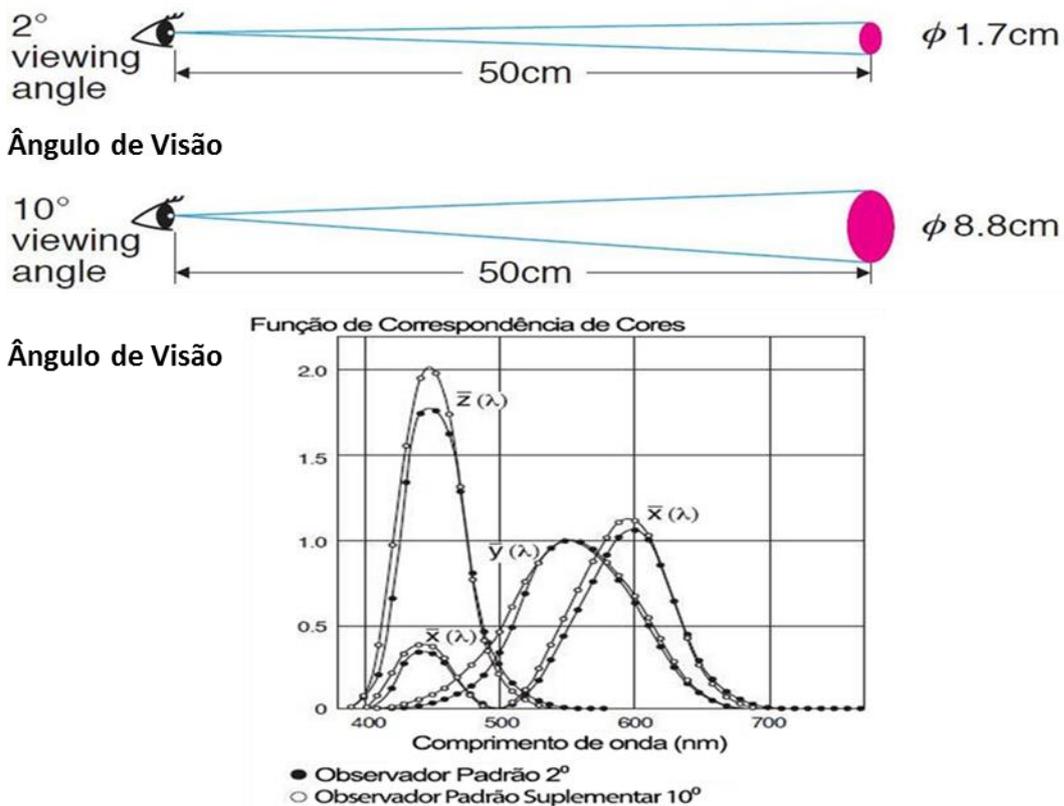


Figura 5.38 – Curva das Componentes das Cores Espectrais na Base CIE XYZ – A figura ilustra as curvas de refletância das cores espectrais obtidas a partir dos experimentos realizados com vários observadores pelo CIE.

(MINOLTA, 2006 )

## Sistema CIE XYZ

Por escolha do CIE a curva  $\bar{y}(\lambda)$  é idêntica à curva  $v(\lambda)$  ilustrada na Figura 5.9 da página 13 deste trabalho. Qualquer tetraedro, que englobe a curva das cores espectrais, tem a propriedade de escrever as cores reais com coeficientes positivos, no entanto, a posição das cores imaginárias é mais ou menos arbitrária. As cores XYZ foram escolhidas para a curva  $\bar{y}(\lambda)$  codificar a luminosidade. Ou seja, a componente Y oferece uma medida da luminosidade de um espectro de radiância. (PUC-RIO, 2011)

Procurando separar as componentes de cromaticidade da componente de luminosidade (Y) de uma cor, o CIE propôs projetar as componentes XYZ no plano  $X+Y+Z=1$  mostrado na Figura 5.39.

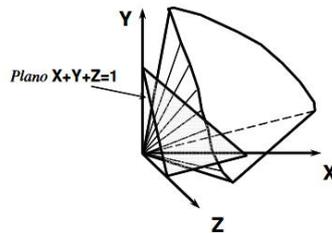


Figura 5.39 - Plano de Cromaticidade no Espaço XYZ – 3 Dimensões

(PUC-RIO, 2011)

A Expressão que faz essa projeção é escrita como:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad 8$$

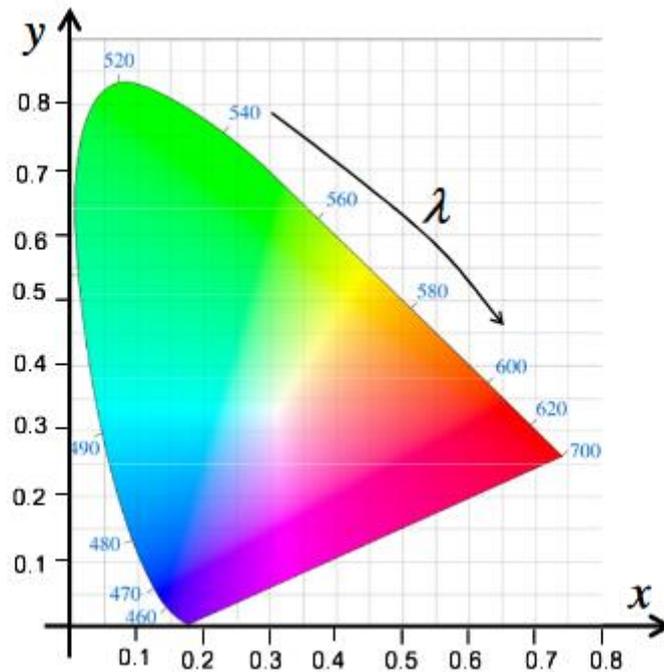
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad 9$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad 10$$

Pode-se verificar facilmente que estas coordenadas satisfazem  $x+y+z=1$ . Por esta dependência linear entre as três coordenadas, apenas duas: x e y são utilizadas para representar a cromaticidade. A componente z pode ser obtida de  $1-(x+y)$ .

A interseção da pirâmide que representa as cores visíveis com este plano gera o diagrama de cromaticidade em forma de ferradura mostrado na figura 5.40. A borda curva do diagrama contém as coordenadas das cores espectrais puras ( $\lambda$  variando de 380 a

780). A reta que une estes dois valores é a chamada linha púrpura e a parte interna do diagrama são as cores que se obtém misturando as cores puras. O branco, como era de se esperar, fica no centro com coordenadas aproximadamente igual a (1/3, 1/3). (PUC-RIO, 2011)



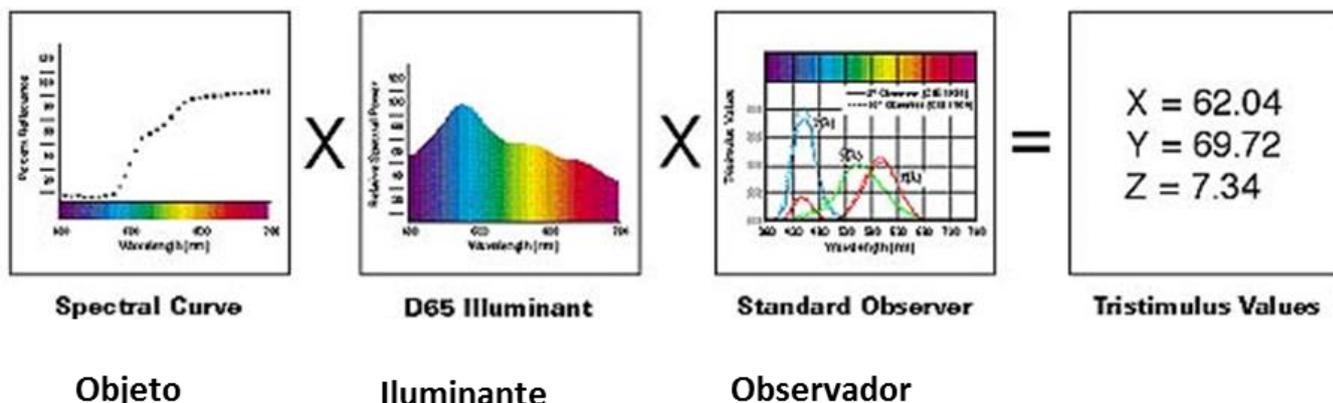
**Figura 5.40 - Plano de Cromaticidade no Espaço XYZ - 2 Dimensões**

(PUC-RIO, 2011)

Este diagrama dá base para medidas de saturação de uma cor. As cores espectrais, que ficam nas bordas do diagrama são puras ou totalmente saturadas. Dizemos que esta saturação é 100% ou 1.0 (numa escala de zero a um). A cor branca tem saturação zero. (PUC-RIO, 2011)

Como já foi apresentado, foram definidas as funções,  $\bar{x}(\lambda)$   $\bar{y}(\lambda)$   $\bar{z}(\lambda)$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação (em nm). Os valores de pico das funções estão nos comprimentos de onda do vermelho ( $\bar{x}(\lambda)$ ), verde ( $\bar{y}(\lambda)$ ) e azul ( $\bar{z}(\lambda)$ ), confirmando assim as três cores primárias que as células fotorreceptoras da retina captam para formar qualquer sensação de cor para o olho humano.

O cálculo dos valores dos tristimulos aparece graficamente, para melhor entendimento, na Figura 5.41 (MINOLTA, 2006 ).



**Figura 5.41 - Representação Gráfica do Cálculo dos Tristímulus**

(PCI Paint and Coating Industry, 2003)

Ou seja, a CIE definiu os valores triestímulus em função da integração da distribuição espectral relativa de potência do iluminante ( $S(\lambda)$ ), as funções do observador ( $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$ ) e a função espectral de radiação do objeto  $R(\lambda)$ .

$$X = k \int_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d(\lambda) \quad 11$$

$$Y = k \int_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d(\lambda) \quad 12$$

$$Z = k \int_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d(\lambda) \quad 13$$

Onde  $k$  é um fator arbitrário relacionado com o brilho da fonte que não foi especificado.

A escolha do fator de proporcionalidade  $k$  se faz de forma que a componente de luminosidade do branco,  $Y_0$ , da cena seja 100%, ou 1. No primeiro caso temos as cores no intervalo [zero. 100] e no segundo [zero. 1]. A equação de  $k$  neste caso é dada por: (PUC-RIO, 2011)

$$k = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \text{ ou } \frac{1}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad 14$$

Estas integrais podem ser avaliadas numericamente por:

$$X = k \sum_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta(\lambda) \quad 15$$

$$Y = k \sum_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta(\lambda) \quad 16$$

$$Z = k \sum_{380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta(\lambda) \quad 17$$

### Espaço CIELAB

No espaço psicométrico CIELAB, as cores são descritas no sistema cartesiano pela luminosidade ( $L^*$ ), coordenada  $a^*$  (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada  $b^*$  (conteúdo de amarelo a azul). No sistema de coordenadas cilíndricas, pela luminosidade ( $L^*$ ), tonalidade ( $h^\circ$ ) e cromia (saturação)( $C^*$ ), relacionadas diretamente com as coordenadas Munsell<sup>9</sup>. (MAXWELL, [200-])

Os sistemas são ilustrados na figura 5.42.

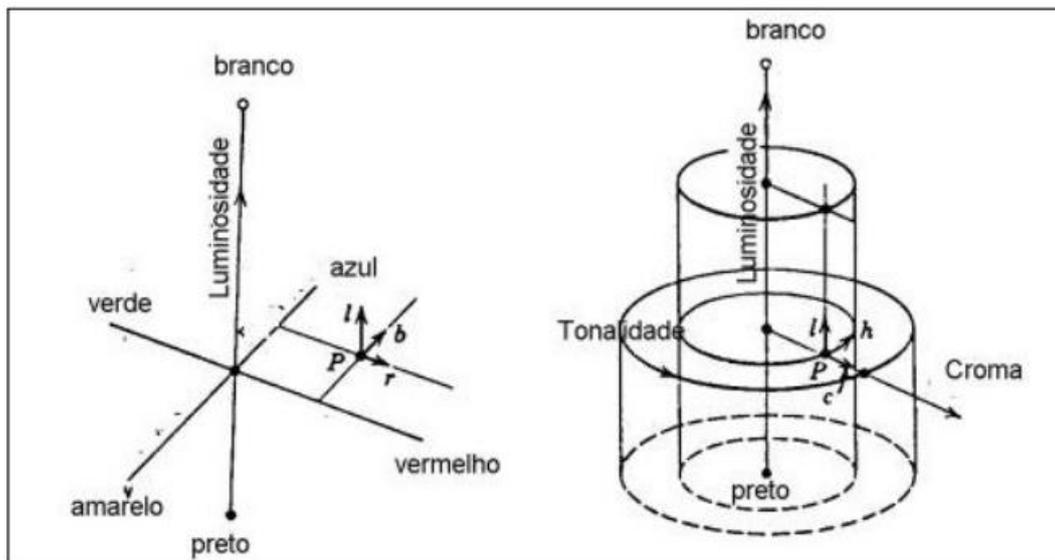
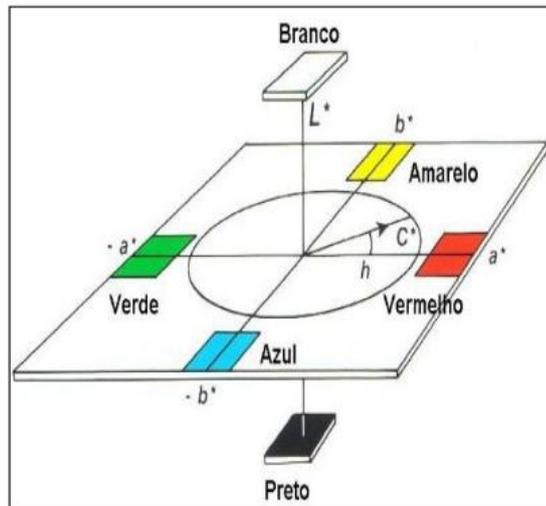


Figura 5.42 – A Figura ilustra o Espaço Psicométrico das Coordenadas Cartesianas ( $L^*a^*b^*$ ) e o Espaço Psicométrico das Coordenadas Cilíndricas ( $L^*,c^*, h^*$ )

(MAXWELL, [200-])

A figura 5.43 ilustra o significado geométrico destes conjuntos de coordenadas colorimétricas.

<sup>9</sup> O sistema de cores de Munsell é um sistema de ordenamento de cores perceptualmente uniforme que possibilita um arranjo tridimensional das cores num espaço cilíndrico de três eixos e que permite especificar uma determinada cor através de três dimensões. Foi criado pelo professor Albert H. Munsell na primeira década do século XX e é usado ainda hoje na área de engenharia elétrica (cores de painéis elétricos), agronomia e pedologia.



**Figura 5.43 - O Significado Geométrico das Coordenadas L\* a\* b\* e L\* C\* H°**

(MAXWELL, [200-])

As equações do espaço colorimétrico CIE definem as coordenadas L\* a\* b\* e L\* C\* H°, Verifica-se que tais coordenadas foram obtidas a partir dos valores **X, Y e Z** ( tristimulos ) sendo que o valor tristimulo **Y** refere-se somente a luminosidade da amostra. **X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> e Z<sub>0</sub>** são as coordenadas do branco padrão, no mesmo sistema (mesmo iluminante e mesmo observador).

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad 18$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad 19$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad 20$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad 21$$

$$h_{ab} = \tanh^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad 22$$

O eixo L\* mede a luminosidade (variando de 0 a 100), o eixo a\* mede a tendência verde-vermelho (valores de a\* negativos indicam uma tendência da cor na direção do

verde e valores positivos de  $a^*$ , na direção do vermelho) e o eixo  $b^*$  mede a tendência azul-amarelo (valores de  $b^*$  negativos indicam uma tendência da cor na direção do azul e valores positivos de  $b^*$ , na direção do amarelo). (FIORETTI, 2007)

No espaço CIELAB é possível quantificar as diferenças em termos psicométricos de  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  e  $\Delta E^*$  ou  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$  e  $\Delta E^*$  de acordo com a figura 5.44. A diferença de cor é denominada pela expressão  $\Delta E^*$ .

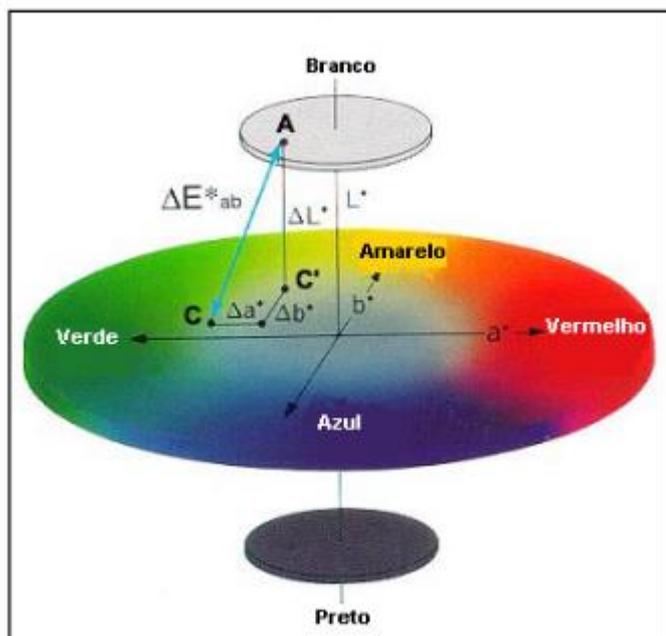


Figura 5.44 – Apresentação do Cálculo de  $\Delta E^*$  no Diagrama CIELAB

(MAXWELL, [200-])

A diferença de cor entre dois estímulos, por exemplo, padrão e amostra, pode ser quantificada no diagrama  $L^*a^*b^*$  (figura 5.44) cuja distância entre as duas posições é dada pela equação 23.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad 23$$

As diferenças  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$  e  $\Delta E^*$  que fisicamente representam as diferenças entre a amostra analisada e o padrão estabelecido, são calculadas conforme as equações abaixo: (MAXWELL, [200-])

$$\Delta L^* = L^*_{amostra} - L^*_{padrão} \quad 24$$

$$\Delta a^* = a^*_{amostra} - a^*_{padrão} \quad 25$$

$$\Delta b^* = b^*_{amostra} - b^*_{padrão} \quad 26$$

$$\Delta C^* = C^*_{\text{amostra}} - C^*_{\text{padrão}} \quad 27$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad 28$$

$$\Delta H_{ab}^* = \sqrt{\Delta E^{*2} + \Delta L^{*2} + \Delta C^{*2}} \quad 29$$

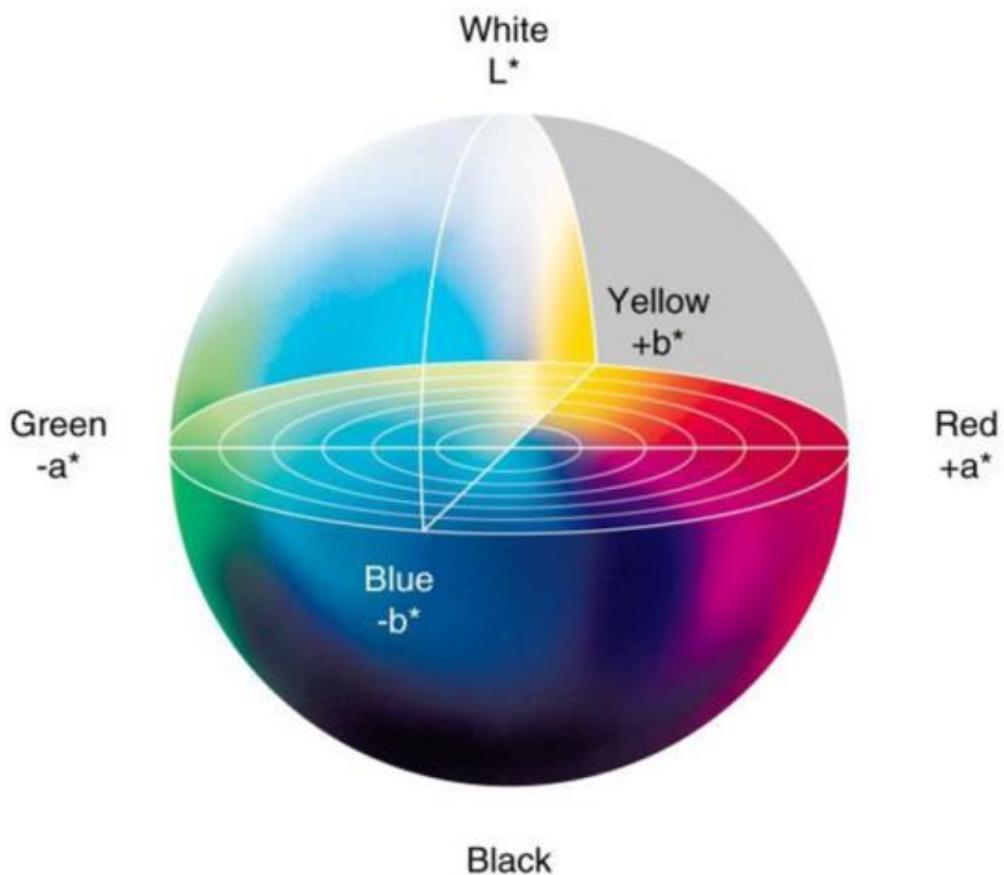


Figura 5.45 - Espaço de Cor  $L^* a^* b^*$

(MINOLTA, 2006)

A tabela 5.6 apresenta um orientativo quanto aos valores de  $\Delta E_{ab}$  e a percepção humana da diferença de cor.

**Tabela 5.6 - A tabela relaciona os valores de  $\Delta E$  à capacidade de percepção da diferença de cor pelo olho humano. Assim temos desde diferenças imperceptíveis (valores de 0 a 0,2) a diferenças muito grandes ( valores acima de 6)**

(FIORETTI, 2007)

<b>Diferenças (<math>\Delta E</math>)</b>		<b>Classificação</b>
0	0,2	Imperceptível
0,2	0,5	Muito pequena
0,5	1,5	Pequena
1,5	3	Distinguível
3	6	Facilmente distinguível
>6		Muito grande

-

## **6 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, RESULTADOS E DISCUSSÃO.**

No capítulo anterior, foram apresentados os conceitos da colorimetria, ou seja, como a metodologia foi desenvolvida e quais as equações que são adotados na mensuração das cores.

Neste capítulo serão apresentados três tópicos:

- 1) A descrição dos procedimentos experimentais para a medida da cor do filme de tinta seco e da cor da tinta líquida e os equipamentos utilizados;
- 2) O detalhamento dos experimentos laboratoriais executados para a determinação da correlação entre a refletância do filme seco e a refletância da tinta líquida.
- 3) A validação experimental da metodologia proposta no processo produtivo. Será demonstrado, a partir da utilização da técnica no controle da cor de diferentes bateladas de tintas no processo produtivo, que a aprovação da cor a úmido é eficaz.

Serão também apresentados e discutidos os resultados obtidos em cada etapa. Os dados dos gráficos e tabelas dos experimentos executados estão apresentados nos anexos, alocados no final deste documento.

## 6.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE TINTA E TESTES:

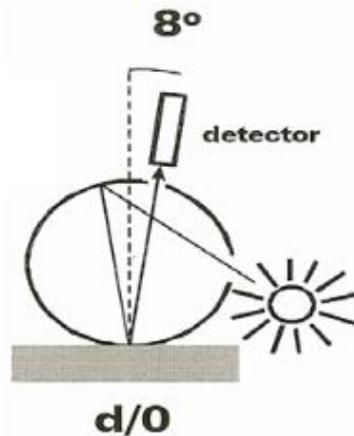
Detalhes da preparação e da formulação da tinta, como as quantidades exatas e componentes, como os aditivos, são omitidos, devido a acordos de confidencialidade. Foi utilizado como a tinta base o Esmalte Decorativo a base solvente para Madeira e Metal. A composição é a base de resina alquídica longa em óleo (55%), com a presença de pigmentos orgânicos e inorgânicos, além de solventes alifáticos e aditivos (secantes, dispersantes, umectantes, silicone).

As aplicações, para posterior medição da refletância do filme seco, foram feitas sobre uma chapa de flandres (um material laminado estanhado composto por ferro e aço de baixo teor de carbono revestido com estanho) de dimensões 10 cm de largura por 20 cm de comprimento, com pincel padrão de 3 cm de largura até atingir a cobertura total<sup>10</sup>, com o cuidado de obter um bom alastramento. A chapa foi colocada num ambiente livre de poeira e sujidades, a temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos, antes de ser direcionada a estufa, para acelerar a secagem. Esse é o tempo de “*flash off*” (tempo necessário para que todos os ingredientes voláteis deixem o filme, evitando serem retidos no meio pela secagem somente da superfície, provocando o aparecimento de bolhas). Após esse tempo, a chapa foi conduzida para estufa a uma temperatura de 60 graus por 20 minutos. Como se trata de resina alquídica, o tempo e a temperatura da estufa devem ser rigorosamente respeitados, pois a tendência desse produto é rapidamente amarelar, devido ao processo de secagem oxidativa.

Utiliza-se um espectrofotômetro para a leitura da refletância da amostra com geometria d/0, com esfera de integração. Nesta geometria, a amostra é iluminada de modo difuso e a curva de reflexão é obtida no intervalo de 400 a 700 nm.

---

<sup>10</sup> Cobertura total é aplicação da tinta a uma determinada espessura onde não é possível se visualizar o fundo. Geralmente na aplicação a pincel, são necessárias mais de uma camada.

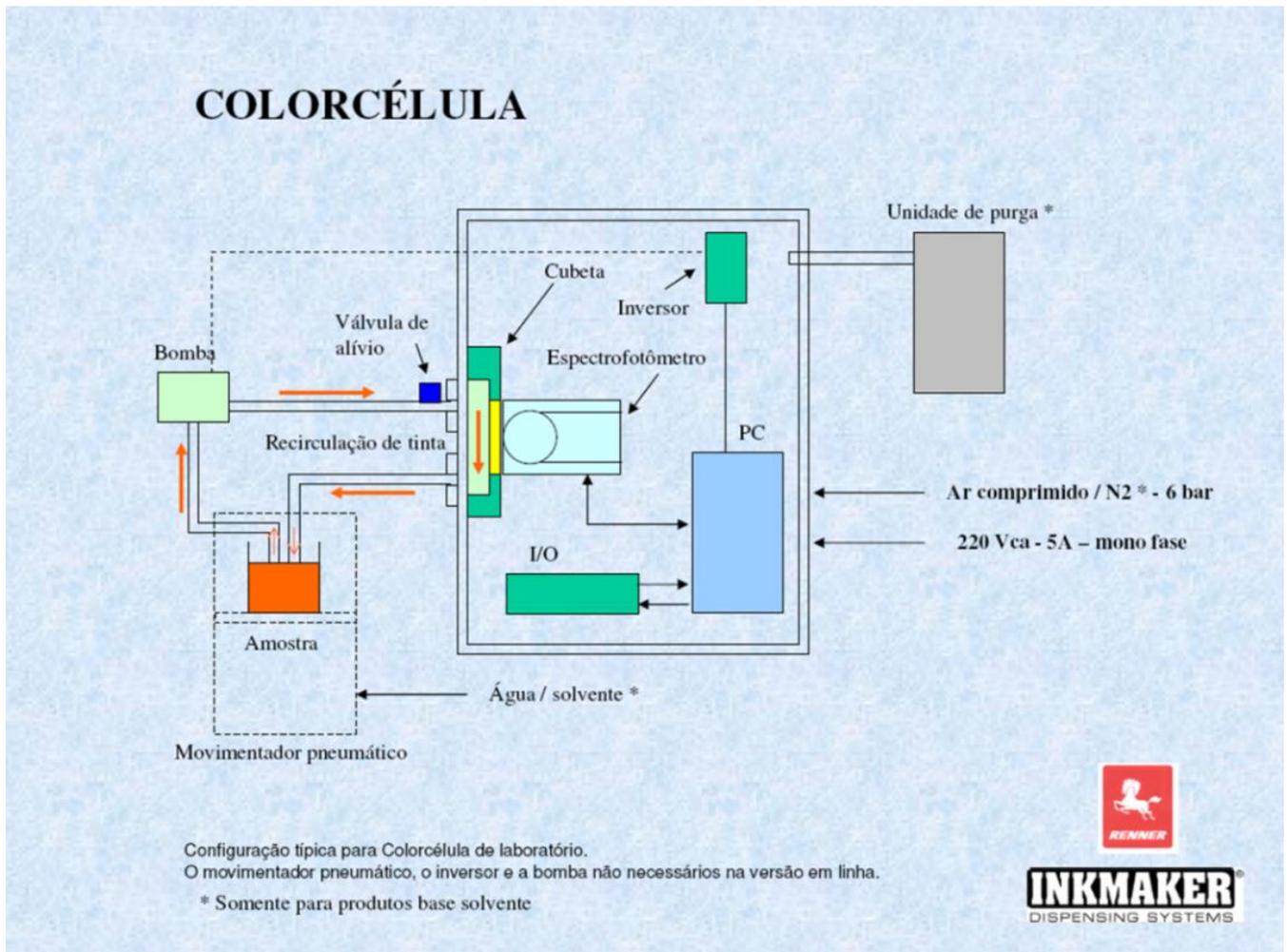


**Figura 6.1 - Representação Esquemática da Geometria de Medição do Sistema com Esfera Integradora de Iluminação Difusa.**

(FIORETTI, 2007)

A partir da curva de reflexão da amostra, são calculadas as coordenadas cromáticas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para o iluminante D65 e o observador a  $10^\circ$ .

O equipamento utilizado para medir a refletância da tinta no estado líquido foi desenvolvido pela Renner Herrmann S/A, por não existir equipamento similar no mercado, e trata-se de um sistema compacto, denominado Colorcélula, que permite o bombeamento do produto por uma célula de leitura fabricada em aço inox, com uma janela circular de quartzo de 2mm de diâmetro e 1mm de espessura, colada na estrutura metálica com uma resina epóxi especialmente desenvolvida para essa finalidade. A janela funciona como uma interface entre a tinta líquida e o espectrofotômetro, cujo modelo é o mesmo utilizado na medida da refletância do filme seco.



**Figura 6.2 – Desenho Esquemático do Equipamento Colorcélula**

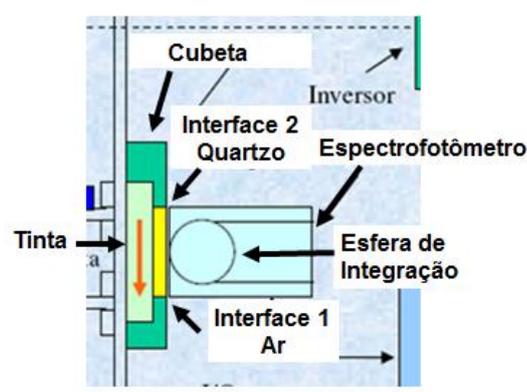
Como pode ser observado na figura 6.2, a amostra de tinta é recirculada no sistema. Todo o processo é operado de forma remota, através de um computador industrial.

O procedimento de funcionamento do equipamento compreende:

- a) **Calibração automática:** A calibração do sistema Colorcelula é exclusivamente a calibração do espectrofotômetro, com a diferença de que essa calibração é feita de forma remota, ou seja, um dispositivo mecânico de movimentação pneumática posiciona o calibrador branco e o calibrador negro de forma a executar a calibração do espectrofotômetro sem a interferência do operador.
- b) **Recirculação da amostra líquida (1 litro) pela cubeta (nome atribuído a célula de leitura);** A tinta líquida é bombeada com uma bomba elétrica de diafragma, a uma vazão de aproximadamente 3 litros/ minuto, pela célula de leitura.
- c) **Execução da leitura, coleta e armazenamento dos dados lidos:** A leitura da refletância pelo espectrofotômetro é executada durante a recirculação da tinta. A

leitura gravada é a média entre as cinco medidas sequencialmente efetuadas cujo  $\Delta E$ , entre elas, é menor do que 0,1. Se uma leitura apresentar o  $\Delta E$  maior que 0,1, o processo será reiniciado. Dessa forma, se garante que o produto está estável e a medida é representativa. Geralmente, a média das cinco primeiras leituras é gravada. Um raspador adaptado dentro da célula de leitura é acionado entre cada leitura, e remove o pigmento adsorvido pela janela por raspagem (remoção mecânica).

- d) Limpeza: O sequenciamento de limpeza é automático, com a abertura e fechamento de válvulas, permitindo e bloqueando a entrada de solvente e nitrogênio. Utiliza-se solvente recuperado.



**Figura 6.3 – Detalhe da Colorcélula, ilustrando a Cubeta e o espectrofotômetro.**

A célula onde é processada a leitura é formada pela cubeta de aço inox, raspador interno para remoção do pigmento adsorvido na janela, janela de leitura de quartzo e o espectrofotômetro comercial acoplado à janela.

## 6.2 CORRELAÇÃO ENTRE A REFLETÂNCIA DO FILME SECO E A REFLETÂNCIA DA TINTA LÍQUIDA.

O trabalho de avaliação da correlação entre a refletância da tinta líquida e a refletância do filme seco foi estruturado da seguinte forma:

- a) Avaliação dos desvios da curva de reflexão a úmido em relação à curva de reflexão a seco focando o perfil da curva, responsável pela tonalidade e saturação.
- b) Avaliação dos desvios da curva de reflexão a úmido em relação à curva de reflexão a seco focando o percentual de reflexão, responsável pela luminosidade.

### 6.2.1 Avaliação dos desvios na medida da tonalidade e saturação.

Para avaliar se o perfil da curva de reflexão se altera quando se mede a tinta líquida, elegemos quatro cores que mapeiam todo o espectro visível: azul, verde, vermelho e amarelo.

Foi fabricado em laboratório 3,6 litros de cada uma das tintas selecionadas. As tintas foram aplicadas em chapas de flandres, seguindo o procedimento já descrito anteriormente, (item 6.1) e a refletância do filme seco foi medida na região visível, entre 400 e 700 nanômetros, sendo coletados 32 dados, correspondendo a um percentual de reflexão a cada 10 nanômetros.

A refletância da tinta úmida foi medida pelo equipamento Colorcélula, seguindo o procedimento descrito no item 6.1. A refletância foi obtida na região visível, entre 400 e 700 nanômetros, e os dados foram coletados a cada 10 nanômetros, totalizando 32 dados.

Os dados foram exportados para o Excel e os gráficos com a refletância a seco e a refletância a úmido correspondente foram gerados.

A figura 6.4 ilustra o gráfico da refletância a seco e a úmido para cada uma das cores.

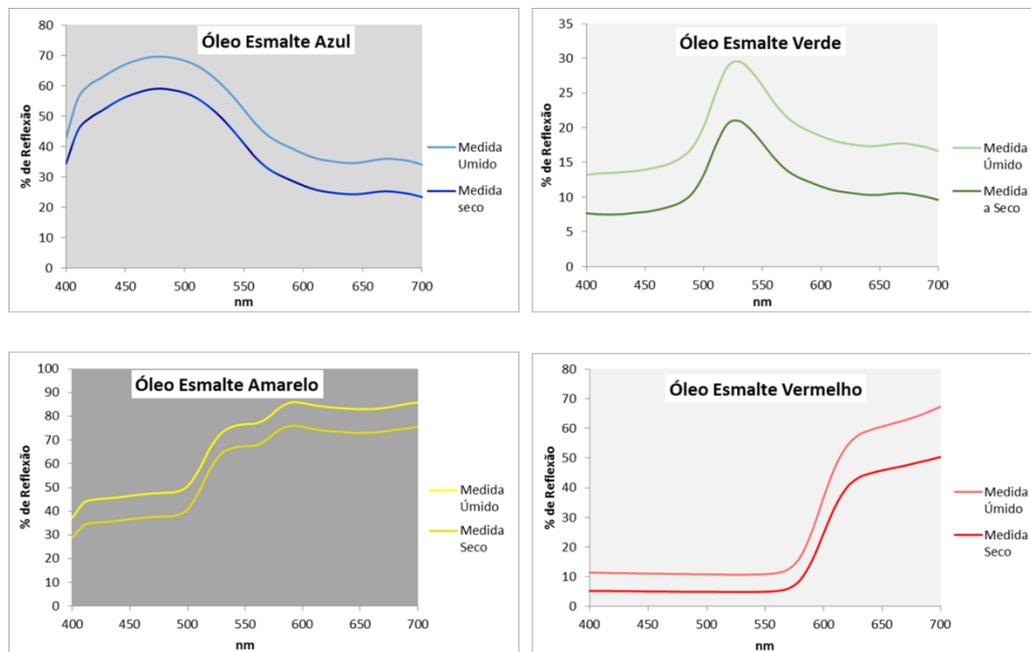
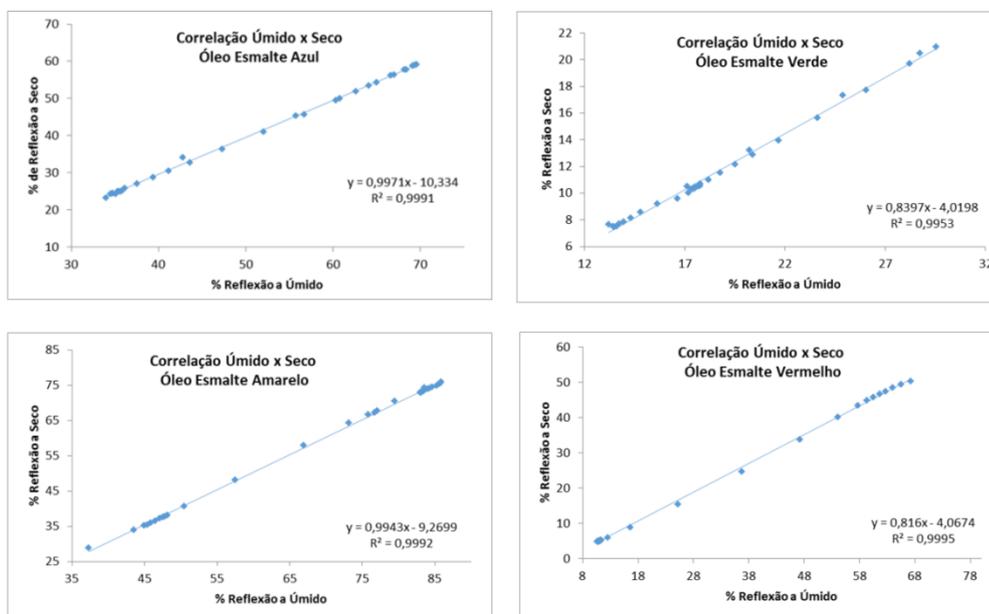


Figura 6.4 - Espectro de reflexão a úmido e a seco para as cores azul, verde, amarelo e vermelho.

Visualmente, nos gráficos da figura 6.4, é possível observar que a refletância a seco e a refletância a úmido são similares.

Dando continuidade a análise da correlação, foi gerado um gráfico que plota a refletância a úmido contra a refletância a seco de cada uma das cores.



**Figura 6.5 - Cálculo do coeficiente de determinação para a correlação linear entre a refletância a úmido e a refletância a seco**

Observa-se que, se for traçada uma linha de tendência e o coeficiente de determinação  $R^2$  for calculado, o valor se aproxima de um, indicando que em todos os casos, 99% da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores presentes no modelo. Significa que a leitura da tinta líquida tem o mesmo perfil que a leitura a seco, indicando que o desvio de luz incidente e a perda da luz refletida da amostra, causada pela presença da janela (1 mm de espessura), não interfere no resultado.

O excesso aparente de luz, que pode ser observado pela refletância maior a úmido do que a seco (figura 6.4), se deve a presença de um espaçador no calibrador branco do espectrofotômetro da colorcélula, com a mesma espessura da lente (lembrando que a calibração do espectro é feita sem a interferência da janela de leitura). Foi um artifício utilizado na tentativa de se obter curvas mais próximas das curvas do produto seco, compensando o afastamento do foco. Com o espaçador, a luz incidente é reduzida no calibrador branco, provocando menor luz refletida, tornando-o “mais escuro”, o que faz

com que as curvas de reflexão das amostras líquidas aparentemente tenham “maior reflexão”.

É possível concluir que os efeitos da espessura da janela não são relevantes para essa análise.

Nesta avaliação, obteve-se uma equação linear que relaciona a refletância a úmido com a refletância a seco para cada cor. No entanto, como sugestão, é possível se obter uma equação linear que relacione a refletância a úmido com a refletância a seco para uma família de cores.

### 6.2.2 Avaliação dos desvios na medida da luminosidade.

Na avaliação da intensidade luminosa, foram preparados três cinzas em laboratório, a partir da mistura entre a tinta branca e a tinta preta, cujas proporções foram determinadas de forma a mapear o espaço do claro ao escuro: Cinza claro (30 – 50% de reflexão), cinza médio (20 – 40 %) e cinza escuro (10 – 20 %).

O mesmo procedimento experimental já descrito para a obtenção do gráfico que plota a refletância a úmido e a refletância a seco foi executado.

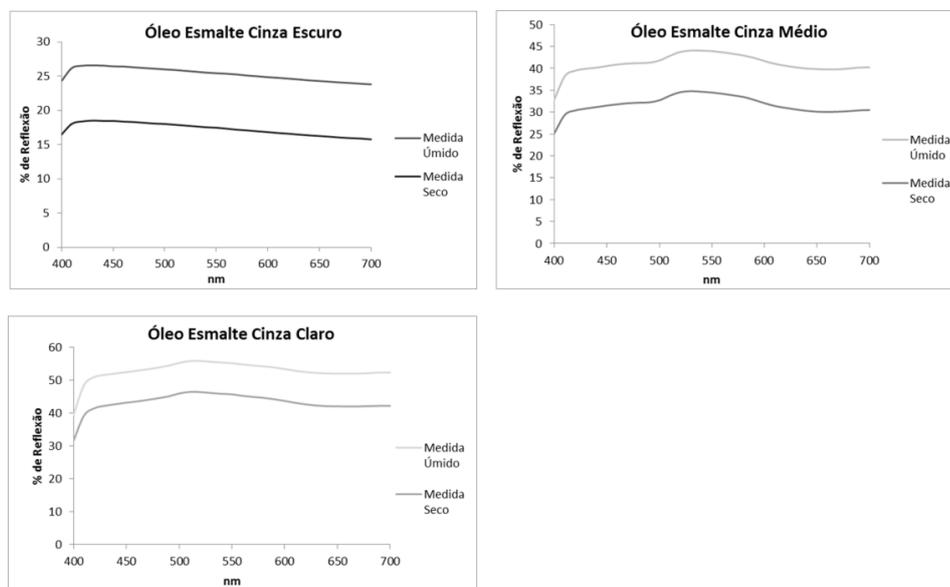
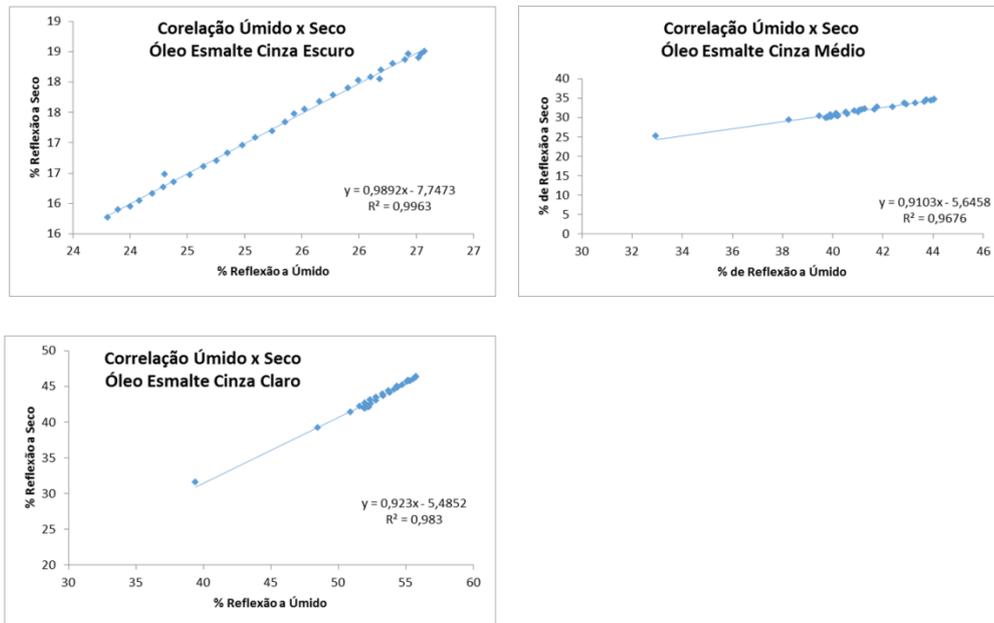


Figura 6.6 - Espectro de refletância a úmido e a seco para as cores cinza claro, cinza médio e cinza escuro.

Como no caso anterior, observa-se que as curvas são similares, e a medida a úmido apresenta uma maior refletância do que a medida a seco, pelos mesmos motivos já explicados no experimento anterior.

Seguindo a mesma metodologia de análise, foi calculado o coeficiente de determinação  $R^2$  para permitir a avaliação da intensidade da correlação entre a medida a úmida e a medida a seco. Observa-se que, neste caso, o menor valor foi 97% (cinza médio), confirmando a forte correlação entre as medidas.



**Figura 6.7 - Cálculo do coeficiente de determinação para a correlação linear entre a medida a úmido e a medida a seco**

O ponto importante nesta análise é a diferença de cor entre os cinzas.

**Tabela 6.1 Medida da diferença de cor entre os cinzas**

Seco				
D65	Cinza Médio	Cinza Claro	Diferença de cor	
L	64,42	72,83	$\Delta L$	8,41
a	-3,44	-3,21	$\Delta a$	0,24
b	2,65	2,08	$\Delta b$	-0,57
			$\Delta E$	8,4

Umido				
D65	Cinza Médio	Cinza Claro	Diferença de cor	
L	71,35	78,71	$\Delta L$	7,36
a	-2,71	-2,63	$\Delta a$	0,08
b	2,65	2,04	$\Delta b$	-0,61
			$\Delta E$	7,4

Seco				
D65	Cinza Escuro	Cinza Médio	Diferença de cor	
L	48,77	64,42	$\Delta L$	15,65
a	-1,00	-3,44	$\Delta a$	-2,44
b	-1,97	2,65	$\Delta b$	4,63
			$\Delta E$	16,5

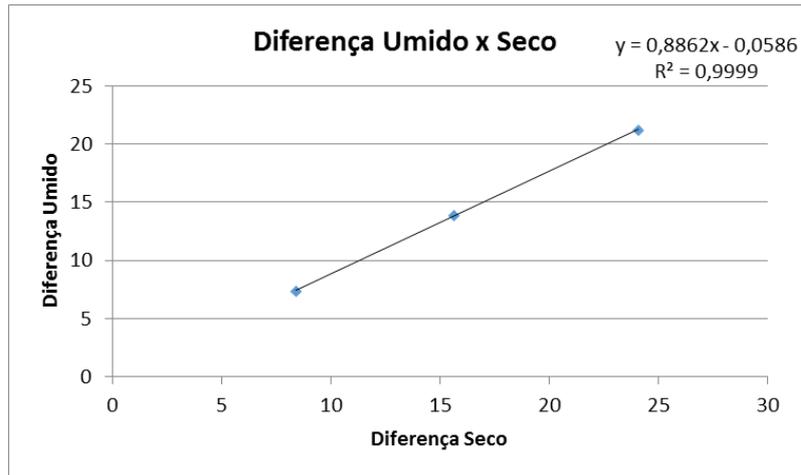
Umido				
D65	Cinza Escuro	Cinza Médio	Diferença de cor	
L	57,48	71,35	$\Delta L$	13,88
a	-0,70	-2,71	$\Delta a$	-2,01
b	-1,58	2,65	$\Delta b$	4,23
			$\Delta E$	14,6

Seco				
D65	Cinza Escuro	Cinza Claro	Diferença de cor	
L	48,77	72,83	$\Delta L$	24,06
a	-1,00	-3,21	$\Delta a$	-2,21
b	-1,97	2,08	$\Delta b$	4,05
			$\Delta E$	24,5

Umido				
D65	Cinza Escuro	Cinza Claro	Diferença de cor	
L	57,48	78,71	$\Delta L$	21,24
a	-0,70	-2,63	$\Delta a$	-1,93
b	-1,58	2,04	$\Delta b$	3,62
			$\Delta E$	21,6

Dos resultados apresentados acima, observa-se uma perda sensível de sensibilidade quando a medida é feita a úmido. Essa perda pode estar relacionada à menor quantidade de luz que interage com a amostra, pois a espessura da janela, além de um afastamento do foco, provoca uma perda de luz pelas bordas. Essa perda é tanto da luz incidente quanto da luz refletida. Não se pode deixar de mencionar o efeito do índice de refração, que embora de pouco impacto (o quartzo tem um índice de refração muito próximo da resina), também contribui para aumentar a reflexão especular, reduzindo ainda mais a luz incidente.

Analisando-se o gráfico ilustrado na figura 6.8:



**Figura 6.8 – Correlação entre a diferença de cor a úmido ( $\Delta E$ ) e a diferença de cor a seco ( $\Delta E$ ) do Óleo Esmalte Cinza.** Esse gráfico foi gerado a partir de três pontos: diferença de cor Cinza médio/Cinza claro ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ ); diferença de cor Cinza escuro/Cinza médio ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ ); diferença de cor Cinza escuro/Cinza claro ( $\Delta E_{seco}; \Delta E_{umido}$ );

A partir de uma avaliação visual do gráfico ilustrado na figura 6.8, constata-se que a relação entre a diferença de luminosidade a seco e a diferença de luminosidade a úmido é uma reta, cujo coeficiente angular é menor do que um. Isso significa que existe uma diferença de luminosidade ( $L^*$ ) maior a seco do que a úmido. No entanto, o coeficiente linear da equação da reta de tendência é próximo à zero (-0,0586) o que leva a concluir que a diferença a úmido se aproxima da diferença a seco à medida que a cor vai sendo ajustada. Essa equação comprova a pequena perda de sensibilidade, mais evidente quando a amostra está com a cor muito diferente do padrão. Resta entender se essa “menor” sensibilidade que os experimentos acusam em relação à Luminosidade compromete a utilização do método para liberar cor.

Neste caso específico, utilizando a equação da reta apresentada na figura 6.8 ( $\Delta E_{umido} = 0,8862 * \Delta E_{seco} - 0,0586$ ) se a diferença de cor para liberação da tinta Óleo Esmalte Cinza for  $\Delta E_{seco}=0.5$  a seco, a úmido é necessário aproximar a cor até no máximo  $\Delta E_{umido} = 0.38$ .

A partir da análise dos resultados apresentados até o momento, pode-se considerar que a pequena perda de sensibilidade não compromete a utilização do método. Fica claro que se deve aproximar mais a cor a úmido para aprova-la a seco.

É importante lembrar que o equipamento Colorcélula, por valer-se de um espectrofotômetro comercial, é de baixo custo, sendo que 80% do seu custo é

comprometido pelo espectrofotômetro e o software de colorimetria, Desta forma, se atende a exigência, não necessita, neste momento, ser melhorado.

Como ponto de partida, foi adotado o valor de  $\Delta E < \text{ou} = 0,3$  como tolerância a úmido para as tintas óleo esmalte, sem descartar a hipótese de que esse valor pode sofrer alterações para cores diferentes.

### 6.3 VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DA METODOLOGIA NO PROCESSO PRODUTIVO - CONTROLE DA COR DO FILME SECO A PARTIR DA MEDIDA DA COR DA TINTA LÍQUIDA.

No tópico anterior, foi estudada a correlação entre os dois métodos quanto à medida da tonalidade, saturação e luminosidade da cor. Foi avaliada a precisão, e foi identificado que, para que a cor da tinta seja aprovada, no caso em estudo e com o equipamento em questão, o alvo para a diferença de cor do método proposto deve ser menor do que o adotado pelo método convencional ( $\Delta E_{úmido}$  deve ser maior ou igual a 0,3 para que  $\Delta E_{seco}$  seja menor ou igual 0,5).

Neste tópico será introduzida a metodologia de determinação do padrão líquido. A escolha por posicionar esta descrição nesta etapa é a relevância, sendo por esta razão considerada um dos objetivos específicos a serem atingidos.

O tema central deste tópico é a apresentação dos resultados obtidos quando a metodologia é aplicada no processo produtivo.

As amostras para esse experimento não são mais preparadas em escala laboratorial, e sim coletadas diretamente da fábrica, durante a fabricação do produto.

#### 6.3.1 Metodologia de Determinação do Padrão Líquido

Para liberar uma tinta para ser corrigida a úmido, é necessário um padrão líquido que, quando seco, seja o mais próximo possível do padrão físico oficial.

Cabe lembrar que a metodologia está sendo aplicada para tintas decorativas base solvente, produzidas a partir de resina alquídica, que com o tempo amarela. Recordando, a metodologia de aprovação da cor adotada pelas fábricas de tintas em geral utiliza o valor do  $\Delta E_{seco}$  como alvo no processo de correção, mas a aprovação final é por análise visual. Por conta disso, o padrão oficial é produzido com resina poliuretano, aplicado em varias chapas de flandres, que serão utilizadas pelo colorista na aprovação final da cor. À medida que as chapas forem ficando arranhadas e desgastadas, são trocadas.

Não existe um padrão alquídico líquido. Este será determinado a partir das medidas a seco e a úmido dos lotes que forem sendo fabricados. Trata-se de um padrão virtual, gerado a partir de dados empíricos.

O processo proposto inicia com a determinação da relação seco úmido na região do espectro visível, de 400 a 700 nanômetros, calculada a cada 10 nanômetros. Para que o valor do coeficiente médio (SUC – Seco Úmido Coeficiente) seja obtido, faz-se necessário, no mínimo, a fabricação de três lotes do produto e a medida da curva de reflexão a seco e a úmido de cada lote.

Seguem as equações:

**Lote 1**

$$SUC_{400}^1 = \frac{\%R_{400}^s}{\%R_{400}^u}, SUC_{410}^1 = \frac{\%R_{410}^s}{\%R_{410}^u}, SUC_{420}^1 = \frac{\%R_{420}^s}{\%R_{420}^u} \dots SUC_{700}^1 = \frac{\%R_{700}^s}{\%R_{700}^u} \quad \mathbf{30}$$

**Lote 2**

$$SUC_{400}^2 = \frac{\%R_{400}^s}{\%R_{400}^u}, SUC_{410}^2 = \frac{\%R_{410}^s}{\%R_{410}^u}, SUC_{420}^2 = \frac{\%R_{420}^s}{\%R_{420}^u} \dots SUC_{700}^2 = \frac{\%R_{700}^s}{\%R_{700}^u} \quad \mathbf{31}$$

**Lote 3**

$$SUC_{400}^3 = \frac{\%R_{400}^s}{\%R_{400}^u}, SUC_{410}^3 = \frac{\%R_{410}^s}{\%R_{410}^u}, SUC_{420}^3 = \frac{\%R_{420}^s}{\%R_{420}^u} \dots SUC_{700}^3 = \frac{\%R_{700}^s}{\%R_{700}^u} \quad \mathbf{32}$$

Onde:

$SUC_{nm}^{Lote}$  : é o Coeficiente Seco/Úmido para cada comprimento de onda

$\%R_{nm}^{s\ ou\ u}$  :  $\%R^s$  é a reflexão a seco e  $\%R^u$  é a reflexão a úmido, para cada comprimento de onda.

A partir das equações 31, 32 e 33, calcula-se o coeficiente médio para cada comprimento de onda.

$$SUC_{400}^{médio} = (SUC_{400}^1 + SUC_{400}^2 + SUC_{400}^3)/3 \quad \mathbf{33}$$

É importante a avaliação da variabilidade do coeficiente seco/úmido obtido para cada lote, para que seja evitada a utilização de “medidas inadequadas”. Essa análise é de extrema importância, pois está sendo determinando o padrão, e a utilização de dados incoerentes compromete a qualidade do produto que será enviada ao mercado, pois o padrão será gerado com desvios.

Foi adotado, para essa análise, o  $C_v$  (coeficiente de variação), pois, em estatística, o coeficiente de variação de Pearson é uma medida de dispersão relativa, empregada para estimar a precisão de experimentos e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média. Sua principal qualidade é a capacidade de comparação de distribuições diferentes. (MEDRI, 2011)

O desvio padrão também é considerado uma medida de dispersão, é relativo à média e, como duas distribuições podem ter médias/valores médios diferentes, o desvio-padrão não compara duas dispersões diferentes. No caso, o %R em cada comprimento de onda é considerado uma dispersão diferente.

$$C_v = \frac{S}{SUC_{nm}^{medio}} * 100$$

34

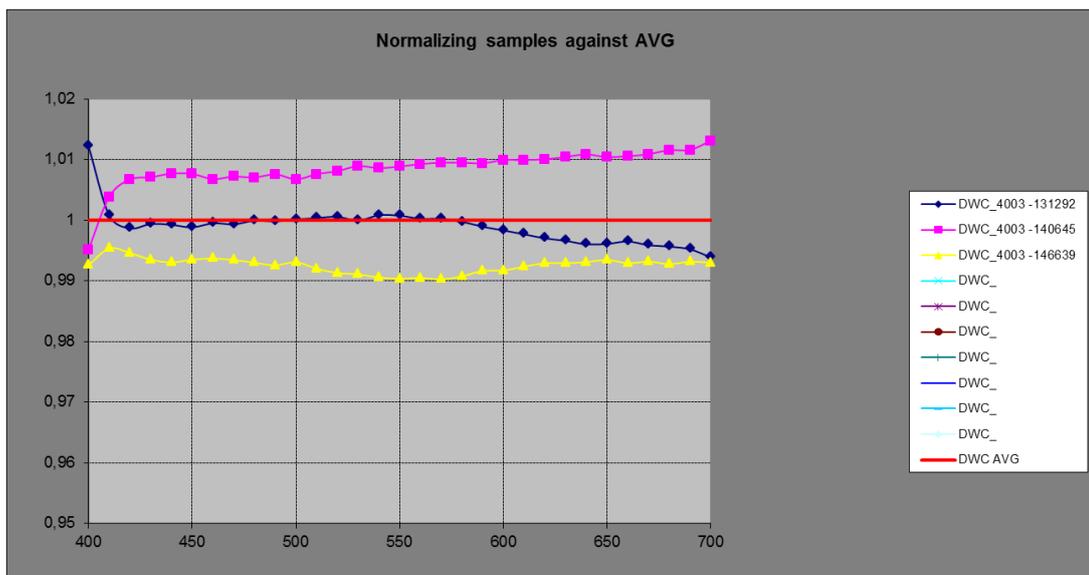
S é o desvio padrão.

Dando continuidade ao processo, o  $C_v$  é calculado. Adotou-se um  $C_v$  aceitável quando o valor for menor do que 1,5%. É possível justificar a escolha, pois, por simulação, se o  $C_v$  ultrapassa esse valor, o  $\Delta E$  entre a curva a seco real e a curva a seco predita, a partir do  $SUC_{nm}^{medio}$ , aproxima-se de 0,5, limite de aprovação de um grande numero de cores.

Se o desvio da curva a úmida em relação à curva a seco já estiver no limite de aprovação, o risco do produto ser aprovado a úmido e ser reprovado a seco é grande, logo as medidas, os métodos de aplicação, a formulação da cor e a formula do produto devem ser reavaliados.

Até o momento, foi apresentada uma avaliação da variabilidade do coeficiente seco/úmido a partir de um coeficiente estatístico,  $C_v$ , e foi determinado o valor limite tolerável. Para complementar e diminuir os riscos, foi adotada também uma avaliação gráfica, que permite visualizar os coeficientes em todos os comprimentos de onda.

Na figura 6.9, é apresentado um exemplo do gráfico obtido.



**Figura 6.9 - Gráfico Exemplo da Avaliação da Variabilidade do  $SUC_{nm}^{medio}$**

Por fim, a determinação do padrão da tinta líquida virtual é feita dividindo-se o percentual de reflexão (%R) da curva do padrão seco pela média do coeficiente seco/úmido ( $SUC_{nm}^{medio}$ ).

Para confirmar se o erro é aceitável e se os cálculos estão corretos, é feita a previsão das curvas já conhecidas a seco, a partir da multiplicação da medida da tinta líquida correspondente pelo coeficiente seco/úmido. O  $\Delta E$  das curvas previstas em relação às curvas reais é calculado. Aceitam-se valores para  $\Delta E$  menor do que 0,5.

É pertinente reforçar que as tolerâncias apresentadas nesse estudo valem para essa tecnologia, tintas decorativas formuladas com resinas alquídicas. Produtos mais estáveis, com resinas que não sofrem mudança na transparência durante a secagem, apresentarão desvios menores. E por conta disso que as tolerâncias da medida a úmido da cor devem ser determinadas para cada tecnologia diferente de produto.

### **6.3.2 Controle da cor a seco a partir da medida da cor a úmido – validação experimental**

Foi apresentada a metodologia de determinação do padrão de tinta líquida, fundamentada em dados empíricos, ou seja, na correlação entre as curvas de reflexão do filme seco e da tinta líquida correspondente, de diferentes bateladas de produto.

A partir de agora será demonstrado que é possível controlar a cor de tintas a partir da medida da tinta no estado líquido. Será apresentado um comparativo entre os valores das coordenadas cromáticas obtidas pela leitura a úmido e as obtidas pela leitura a seco, analisando-se a coerência, a ordem de grandeza e a variabilidade.

É importante reforçar que o objetivo é aprovar a cor das bateladas, não formular uma nova cor, reproduzindo cores já desenvolvidas utilizando o mesmo grupo de pigmentos. Não é esperado aparecer o fenômeno da Metameria. Os trabalhos serão executados com as coordenadas L\*, a\* e b\* calculadas com o iluminante D65 (luz do dia) e com o observador a 10 graus (um exemplo do cálculo é apresentado em anexo). O critério de aprovação será a medida do  $\Delta E$  da tinta líquida. A validação será feita a partir do  $\Delta E$  do filme seco correspondente. É esperado que a aprovação da tinta líquida resulte na aprovação do filme seco.

A figura 6.10 ilustra a curva espectral de cinco cores selecionadas para este experimento. O critério utilizado foi mapear o espectro visível, elegendo as cores azul, verde, amarelo (marfim), incluindo cores claras (gelo) e escuras (vermelho).

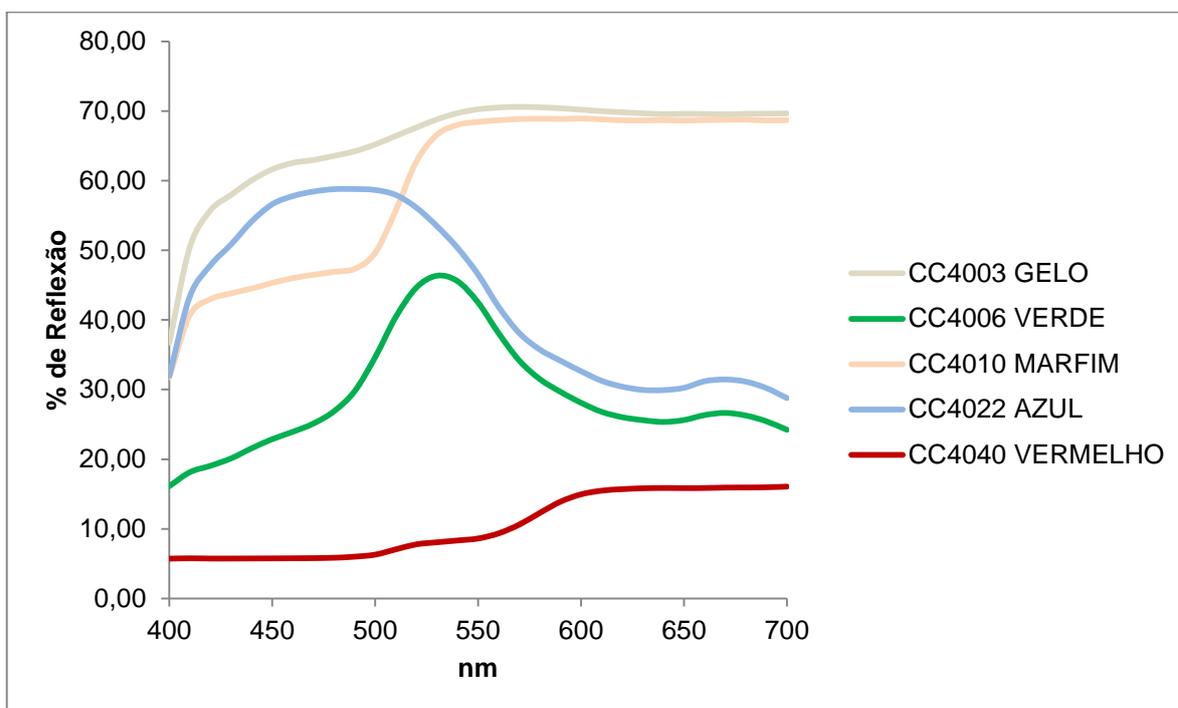


Figura 6.10 – Refletância das tintas que serão controladas a úmido

Na aprovação das cores de tintas da tecnologia em estudo, aceitam-se pequenas diferenças. Trata-se de um produto que amarela com o tempo, com a temperatura, e sofre substituição de matéria-prima com muita frequência (substituição de ingredientes com a mesma função e custos diferentes – contratipos).

O custo da formulação é o diferencial competitivo. O padrão das cores é produzido com resina poliuretânica, para garantir a estabilidade da cor (na maioria dos casos temos padrões com curvas de reflexão diferentes das bateladas produzidas).

Os consultores técnicos orientam o consumidor a não pintar o mesmo objeto (janela, portas, grade) com lotes diferentes.

O controle de cores é feito pelos coloristas, profissionais treinados, que usam a aprovação visual como validação final da cor. Trata-se de uma aprovação subjetiva.

A tabela 6.2 apresenta de uma maneira resumida o critério de aprovação das cores. Como em todos os processos, existem exceções, que não serão tratadas neste trabalho.

**Tabela 6.2 - Limites de aprovação das cores das tintas da linha Óleo Esmalte**

Valores de Aprovação: Cores Claras e Cores Pastéis ( cor Gelo, Marfim)			Valores de Aprovação: Cores Escuras e Saturadas ( cor Azul, Verde e Vermelha)		
-0,5	> $\Delta L^*$ >	0,5	-0,8	> $\Delta L^*$ >	0,8
-0,5	> $\Delta a^*$ >	0,5	-0,8	> $\Delta a^*$ >	0,8
-0,5	> $\Delta b^*$ >	0,5	-0,8	> $\Delta b^*$ >	0,8
	$\Delta E^* \leq$	1		$\Delta E^* \leq$	1,5

O experimento teve início a partir da determinação do padrão líquido de cada cor, considerando três lotes de cada produto processado na fábrica. A estratégia foi trabalhar com produtos sujeitos a todas as variáveis de processos (contaminação de tanques, matéria-prima de lotes diferentes, erros operacionais) para avaliar a robustez do método. Com a curva de reflexão do padrão líquido calculada (padrão virtual), foram ajustados quatro lotes da cor “Gelo”, quatro lotes da cor “Verde”, quatro lotes da cor “Marfim” (Amarelo), quatro lotes da cor “Azul” e três lotes da cor “Vermelha”.

O valor da diferença de cor ( $\Delta E$  entre a amostra e o padrão) utilizado para aprovar a cor a úmido e a respectiva diferença de cor a seco correspondente, para todos os produtos é apresentado em forma de tabelas.. Cada amostra foi avaliada visualmente pelo colorista, seguindo o critério de aprovação utilizado pela fábrica. O parecer do colorista está na coluna com o título de “status”.

## Cor Gelo

**Tabela 6.3 - Valores de  $\Delta E$  úmido e  $\Delta E$  Seco para a Cor Gelo – Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor gelo medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista.**

Cor	Lote	DE Umido	DL Umido	Da Umido	Db Umido	DE Seco	DL Seco	Da Seco	Db Seco	status
Gelo	131292	0,2	0,03	-0,16	-0,11	0,26	-0,09	-0,24	-0,04	
Gelo	140645	0,24	0,01	0,09	0,23	0,45	0,04	0,16	0,41	
Gelo	146639	0,13	0,02	-0,08	0,1	0,54	-0,54	0,02	0,03	
Gelo	151362	0,34	-0,08	0,2	-0,26	0,43	-0,19	0,27	-0,27	ok
Gelo	156429	0,19	0,08	-0,17	0,04	0,34	0,32	-0,12	0,03	ok
Gelo	160990	0,32	0,17	-0,14	-0,23	0,47	-0,28	-0,23	-0,3	ok
Gelo	167587	0,16	0,14	0,03	-0,07	0,23	-0,11	0,01	0,20	ok

} Leituras utilizadas para determinação do padrão Úmido

} Lotes controlados a Úmido.

Observando-se os resultados apresentados na tabela, todos os lotes aprovados com a medida da tinta líquida foram aprovados quando avaliado o filme seco.

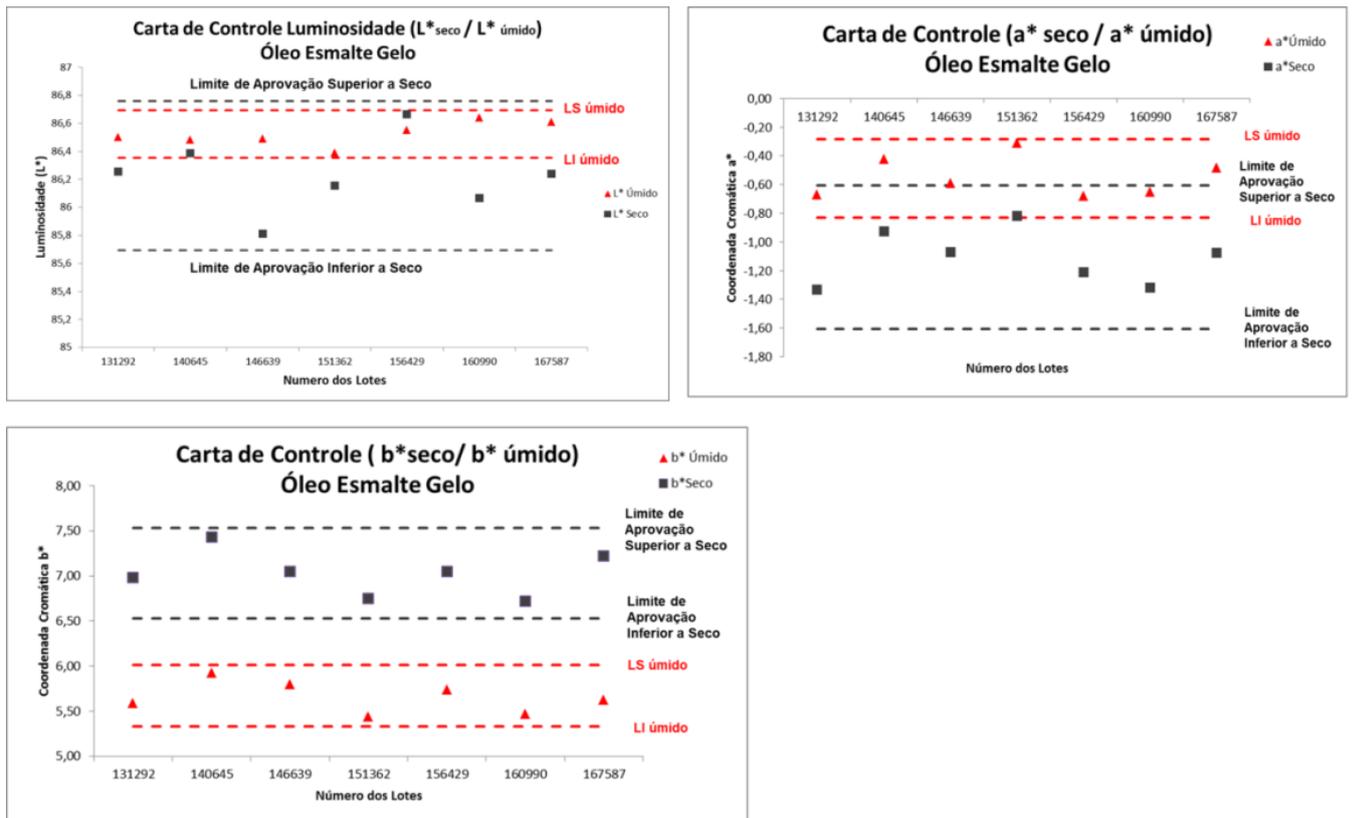
Máximo  $\Delta E$  úmido de aprovação = 0,34

Máximo  $\Delta E$  seco obtido = 0,54

Tolerância de aprovação a seco -  $\Delta E$  seco < 1

Status: todos os lotes aprovados.

A figura abaixo ilustra os gráficos que plotam os valores absolutos das coordenadas cromáticas medidas a úmido e a seco, de cada batelada da cor gelo.



**Figura 6.11 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Gelo – Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas L\*, a\* e b\* tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.**

Visualmente, nos gráficos ilustrados na figura 6.11 observa-se uma variabilidade maior das medidas a seco em relação a medida a úmido, comprovando o estudo anterior, que orienta utilizarmos menores limites de aprovação a úmido em relação aos limites considerados a seco (item 6.2.2 avaliação dos desvios na luminosidade, pg 67)

No entanto, claramente observa-se que, se controlarmos as medidas a úmido dentro de limites pré-estabelecidos, manteremos as medidas a seco também dentro de limites.

Neste caso:

Coordenada L\*

Limites de controle a úmido:  $-0,13 < \Delta L^* \text{úmido} < 0,12$

Limites obtidos a seco:  $-0,42 < \Delta L^* \text{seco} < 0,44$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta L^* \text{seco} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada a\*

Limites de controle a úmido:  $-0,14 < \Delta a^*_{úmido} < 0,23$

Limites obtidos a seco:  $-0,22 < \Delta a^*_{seco} < 0,29$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta a^*_{seco} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada b\*

Limites de controle a úmido:  $-0,22 < \Delta b^*_{úmido} < 0,27$

Limites obtidos a seco:  $-0,31 < \Delta b^*_{seco} < 0,40$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta b^*_{seco} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

## Cor Verde

**Tabela 6.4- Valores de  $\Delta E$  úmido e  $\Delta E$  Seco para a Cor Verde - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor verde medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista.**

Cor	Lote	DE Umido	DL Umido	Da Umido	Db Umido	DE Seco	DL Seco	Da Seco	Db Seco	status
Verde	131490	0,33	-0,21	-0,25	0,03	0,479	-0,19	-0,43	-0,06	
Verde	139210	0,30	-0,15	-0,18	0,19	0,579	-0,34	-0,37	0,28	
Verde	149178	0,19	-0,18	-0,04	0,00	0,945	-0,76	-0,55	0,04	
Verde	155983	0,17	-0,02	-0,13	-0,11	0,125	0,00	-0,12	0,02	ok
Verde	158122	0,25	-0,24	-0,06	0,00	0,331	-0,31	-0,06	0,10	ok
Verde	165405	0,33	-0,22	-0,18	0,17	0,411	-0,33	-0,17	0,17	ok
Verde	171318	0,28	-0,22	-0,08	0,15	0,115	-0,01	-0,07	-0,09	ok

} Leituras utilizadas para determinação do padrão Úmido

} Lotes controlados a Úmido.

Observando-se os resultados apresentados na tabela, todos os lotes aprovados com a medida da tinta líquida foram aprovados quando avaliado o filme seco.

Máximo  $\Delta E$  úmido de aprovação = 0,33

Máximo  $\Delta E$  seco obtido = 0,945

Tolerância de aprovação a seco -  $\Delta E$  seco  $< 1,5$

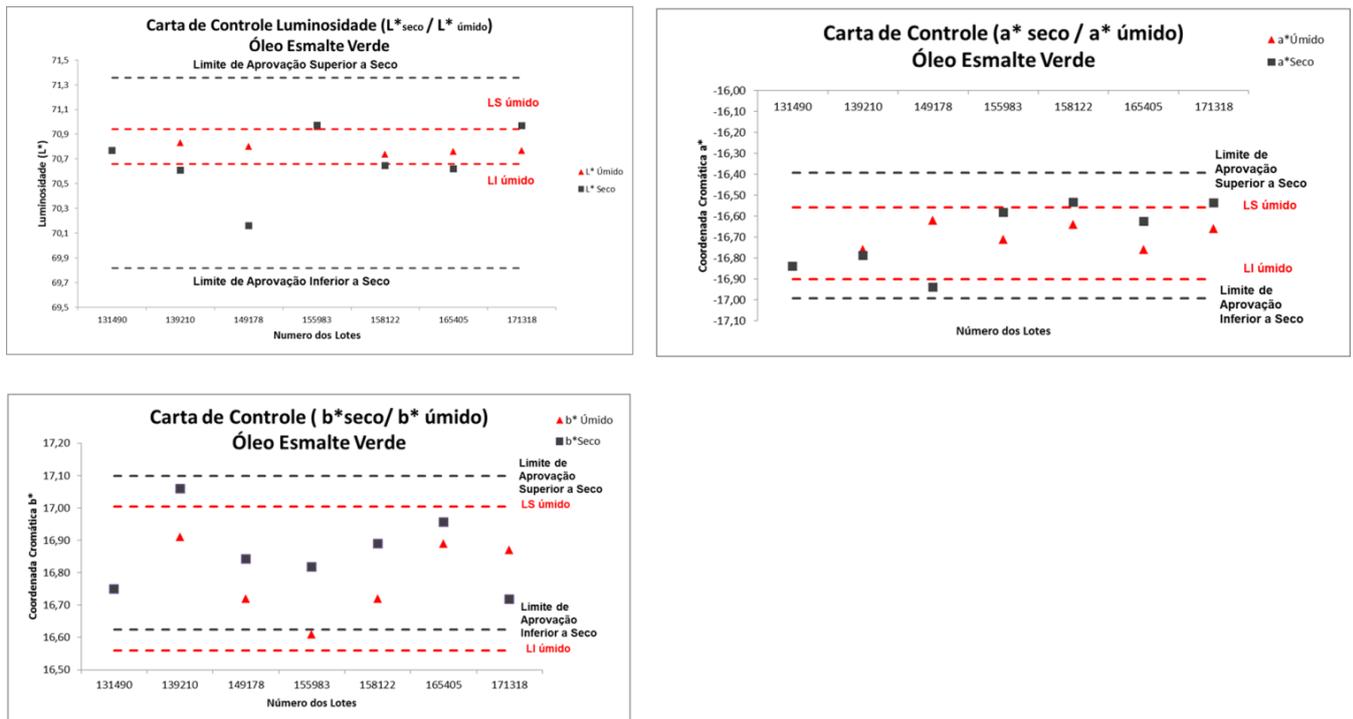
Status: todos os lotes aprovados.

Analisando os dados da tabela com mais detalhes, fica claro que as três cores utilizadas para a determinação do padrão líquido da cor verde foram aprovadas mais escuras do que o padrão. Isto ocorreu porque a sensibilidade visual em detectar a presença do branco em cores saturadas é alta, pois o branco dá um aspecto "leitoso" a cor, que perde saturação. Logo, todas as bateladas são aprovadas mais escuras que o

padrão físico, e o procedimento de determinação do padrão úmido incorpora essa tendência.

A figura 6.12 mostra os valores absolutos das coordenadas cromáticas medidas a úmido e a seco, de cada batelada da cor verde.

Para ser possível visualizar num mesmo gráfico as medidas a seco e a úmido, foi utilizado o artifício matemático de transportar as medidas a seco para a mesma base das medidas a úmido. Esse procedimento facilita a observância da correlação ente às medidas.



**Figura 6.12 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Verde - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas L\*, a\* e b\* tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.**

Visualmente observa-se uma variabilidade maior das medidas a seco em relação as medidas a úmido, principalmente na coordenada que mede a luminosidade (primeiro gráfico da figura 6.12). No entanto, é possível perceber a correlação das medidas.

Neste experimento, confirma-se que, se controlarmos as medidas a úmido dentro de limites pré-estabelecidos, manteremos as medidas a seco também dentro de limites.

Neste caso:

Coordenada L\*

Limites de controle a úmido:  $-0,06 < \Delta L^* \text{úmido} < 0,16$

Limites obtidos a seco:  $-0,49 < \Delta L \text{ seco} < 0,28$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta L^* \text{seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada a\*

Limites de controle a úmido:  $-0,13 < \Delta a^* \text{úmido} < 0,09$

Limites obtidos a seco:  $-0,30 < \Delta a^* \text{ seco} < 0,19$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta a^* \text{seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada b\*

Limites de controle a úmido:  $-0,17 < \Delta b^* \text{úmido} < 0,13$

Limites obtidos a seco:  $-0,16 < \Delta b^* \text{ seco} < 0,22$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta b^* \text{seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

## Cor Marfim

**Tabela 6.5 - Valores de  $\Delta E$  úmido e  $\Delta E$  Seco para a Cor Marfim- Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor marfim medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista.**

Cor	Lote	DE Umido	DL Umido	Da Umido	Db Umido	DE Seco	DL Seco	Da Seco	Db Seco	status
Marfim	133144	0,21	-0,10	-0,10	0,15	0,27	-0,22	0,08	0,15	
Marfim	139913	0,13	-0,07	0,02	-0,11	0,26	0,12	0,19	0,12	
Marfim	145305	0,12	-0,05	0,00	0,11	0,22	-0,12	0,14	0,12	
Marfim	150078	0,05	-0,02	0,04	0,03	0,44	-0,40	-0,04	0,18	ok
Marfim	155329	0,19	0,04	0,13	0,13	0,41	0,16	0,12	0,36	ok
Marfim	157068	0,11	-0,04	-0,02	0,10	0,12	-0,09	0,00	0,08	ok
Marfim	164448	0,15	0,01	-0,07	0,13	0,40	0,23	-0,14	0,30	ok

} Leituras utilizadas para determinação do padrão Úmido

} Lotes controlados a Úmido.

Observando-se os resultados apresentados na tabela, todos os lotes aprovados com a medida da tinta líquida foram aprovados quando avaliado o filme seco.

Máximo  $\Delta E$  úmido de aprovação = 0,21

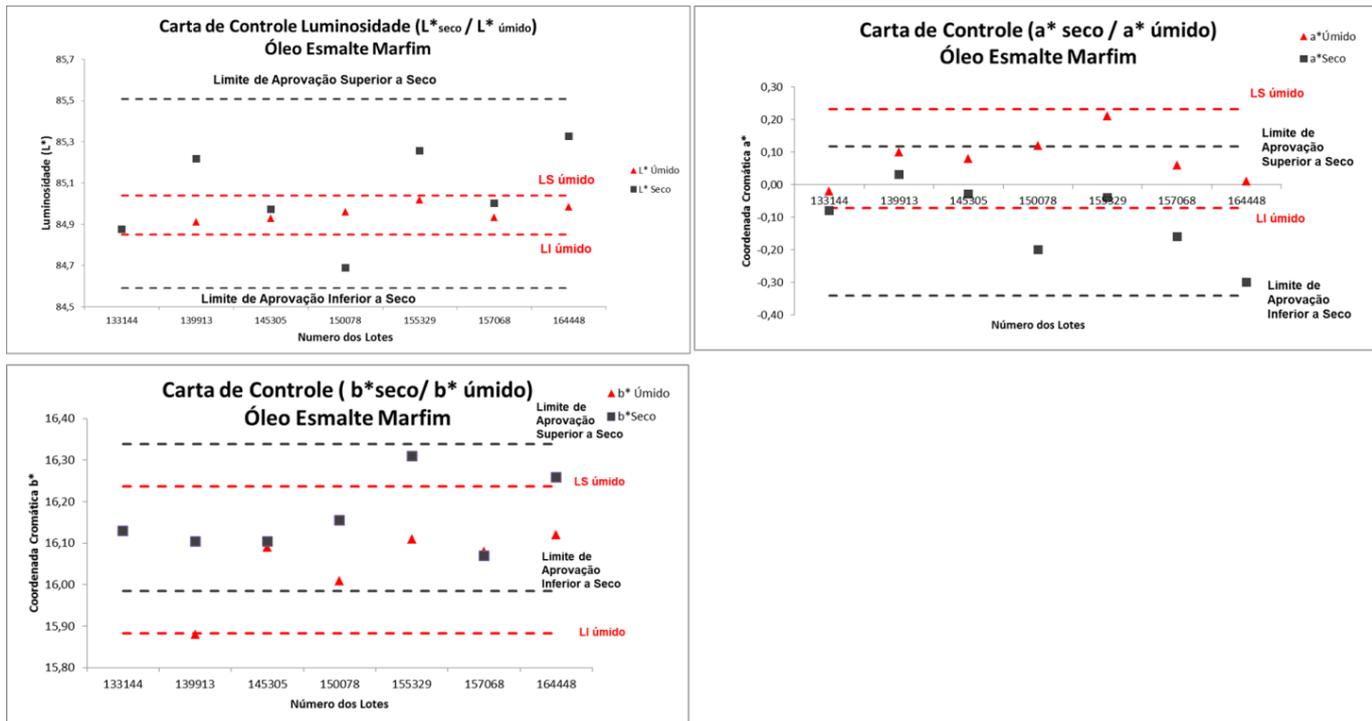
Máximo  $\Delta E$  seco obtido = 0,44

Tolerância de aprovação a seco -  $\Delta E$  seco < 1

Status: todos os lotes aprovados.

A figura 6.13 ilustra os gráficos que plotam os valores absolutos das coordenadas cromáticas medidas a úmido e a seco, de cada batelada da cor marfim.

Para ser possível visualizar num mesmo gráfico as medidas a seco e a úmido, foi utilizado o mesmo artifício matemático da análise anterior, de transportar as medidas a seco para a mesma base das medidas a úmido. Dessa forma, a observância da correlação ente às medidas é facilmente detectada.



**Figura 6.13 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Marfim- Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas L\*, a\* e b\* tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.**

Repete-se a observância a uma variabilidade maior das medidas a seco em relação as medidas a úmido, principalmente na coordenada que mede a luminosidade. Percebe-se visualmente a correlação entre as medidas.

Novamente, confirma-se que, ao controlar as medidas a úmido dentro de limites pré-estabelecidos, se manterão as medidas a seco também dentro de limites.

Neste caso:

Coordenada L\*

Limites de controle a úmido:  $-0,07 < \Delta L^* \text{úmido} < 0,07$

Limites obtidos a seco:  $-0,35 < \Delta L^* \text{seco} < 0,27$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta L^* \text{seco} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada a\*

Limites de controle a úmido:  $-0,10 < \Delta a^*_{\text{úmido}} < 0,13$

Limites obtidos a seco:  $-0,19 < \Delta a^*_{\text{seco}} < 0,14$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta a^*_{\text{seco}} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada b\*

Limites de controle a úmido:  $-0,18 < \Delta b^*_{\text{úmido}} < 0,07$

Limites obtidos a seco:  $-0,11 < \Delta b^*_{\text{seco}} < 0,17$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,5 < \Delta b^*_{\text{seco}} < 0,5$

Avaliação Visual: Aprovado

## Cor Azul

**Tabela 6.6 - Valores de  $\Delta E$  úmido e  $\Delta E$  Seco para a Cor Azul - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor azul medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista.**

Cor	Lote	DE Umido	DL Umido	Da Umido	Db Umido	DE Seco	DL Seco	Da Seco	Db Seco	status
Azul	132379	0,14	-0,05	-0,01	0,14	0,27	0,12	-0,14	0,20	
Azul	138699	0,23	0,12	0,18	0,09	0,23	-0,12	0,14	-0,14	
Azul	144895	0,26	-0,10	0,01	0,24	0,46	-0,04	0,18	0,42	
Azul	150985	0,12	0,03	-0,11	-0,05	0,36	-0,26	-0,24	0,06	ok
Azul	157070	0,29	0,26	0,12	0,00	0,15	0,02	0,01	0,15	ok
Azul	158699	0,21	0,19	0,00	-0,08	0,30	0,30	0,00	0,04	ok
Azul	168294	0,20	0,20	-0,04	-0,01	0,43	0,26	0,13	-0,32	ok

Leituras utilizadas para determinação do padrão Líquido

Lotes controlados a Úmido.

De acordo com os resultados apresentados na tabela, todos os lotes aprovados com a medida da tinta líquida foram aprovados quando avaliado o filme seco.

Máximo  $\Delta E$  úmido de aprovação = 0,29

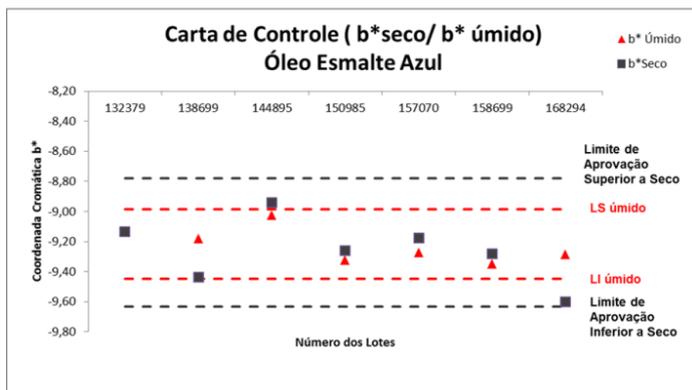
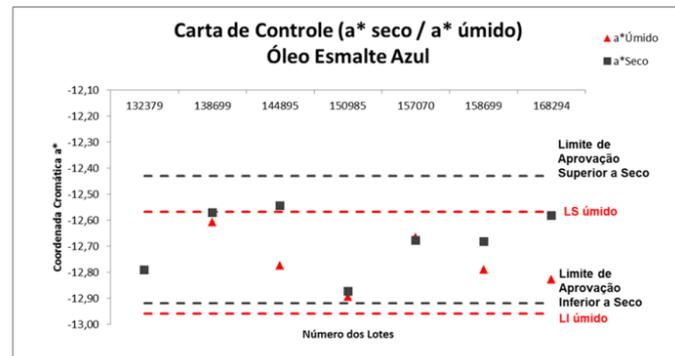
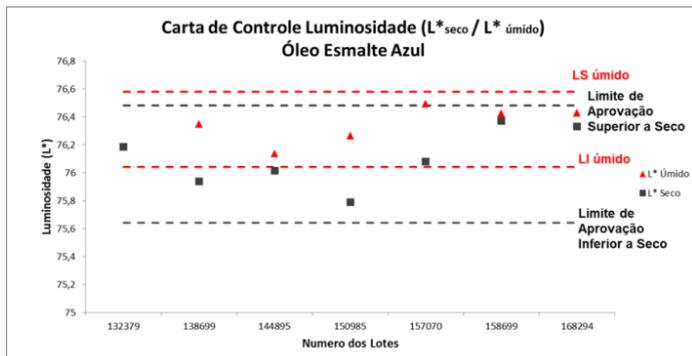
Máximo  $\Delta E$  seco obtido = 0,46

Tolerância de aprovação a seco -  $\Delta E$  seco < 1,5

Status: todos os lotes aprovados.

A figura 6.14 ilustra os gráficos que plotam os valores absolutos das coordenadas cromáticas medidas a úmido e a seco, de cada batelada da cor azul.

O mesmo artifício matemático, mencionado nas análises anteriores para ser possível visualizar correlação entre às medidas, foi utilizado.



**Figura 6.14- Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Azul - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas L\*, a\* e b\* tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.**

Repetem-se as mesmas observações dos experimentos anteriores.

Confirma-se que, controlando as medidas a úmido, as medidas a seco serão mantidas controladas.

Neste caso:

Coordenada L\*

Limites de controle a úmido:  $-0,17 < \Delta L^* \text{úmido} < 0,18$

Limites obtidos a seco:  $-0,26 < \Delta L^* \text{seco} < 0,30$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta L^* \text{seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada a\*

Limites de controle a úmido:  $-0,13 < \Delta a^* \text{úmido} < 0,16$

Limites obtidos a seco:  $-0,25 < \Delta a^* \text{seco} < 0,17$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta a^* \text{seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

Coordenada b\*

Limites de controle a úmido:  $-0,14 < \Delta b^* \text{úmido} < 0,19$

Limites obtidos a seco:  $-0,44 < \Delta b^* \text{ seco} < 0,30$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta b^* \text{ seco} < 0,8$

Avaliação Visual: Aprovado

## Cor Vermelha

**Tabela 6.7 - Valores de  $\Delta E$  úmido e  $\Delta E$  Seco para a Cor Vermelha - Nesta tabela são apresentados os valores de diferença de cor entre o lote e o padrão da cor vermelha medidos a úmido e medidos a seco. Na coluna status está registrada a avaliação visual do colorista.**

Cor	Lote	DE Umido	DL Umido	Da Umido	Db Umido	DE Seco	DL Seco	Da Seco	Db Seco	status
Vermelho	161306	0,67	0,47	0,14	0,46	0,83	0,57	0,32	0,50	
Vermelho	165452	0,53	0,13	-0,51	-0,11	0,52	0,09	-0,51	-0,08	
Vermelho	167254	0,54	0,49	0,07	0,23	0,31	0,28	0,01	0,12	
Vermelho	168201	0,60	0,04	-0,48	-0,35	0,61	-0,06	-0,48	-0,38	ok
Vermelho	169178	0,19	0,13	0,13	-0,04	0,61	0,41	0,46	0,00	ok
Vermelho	173254	0,26	0,13	-0,22	-0,05	0,12	0,00	-0,09	-0,09	ok

Leituras utilizadas para determinação do padrão Líquido

Lotes controlados a Úmido.

A tabela 6.7 apresenta as diferenças de cor entre os lotes do Óleo Esmalte Vermelho. Trata-se de uma cor escura, tendendo para uma cor vinho. É uma cor cujas diferenças são pouco perceptíveis.

Os lotes aprovados pela medida da cor da tinta líquida foram aprovados quando avaliado o filme seco.

Máximo  $\Delta E$  úmido de aprovação = 0,67

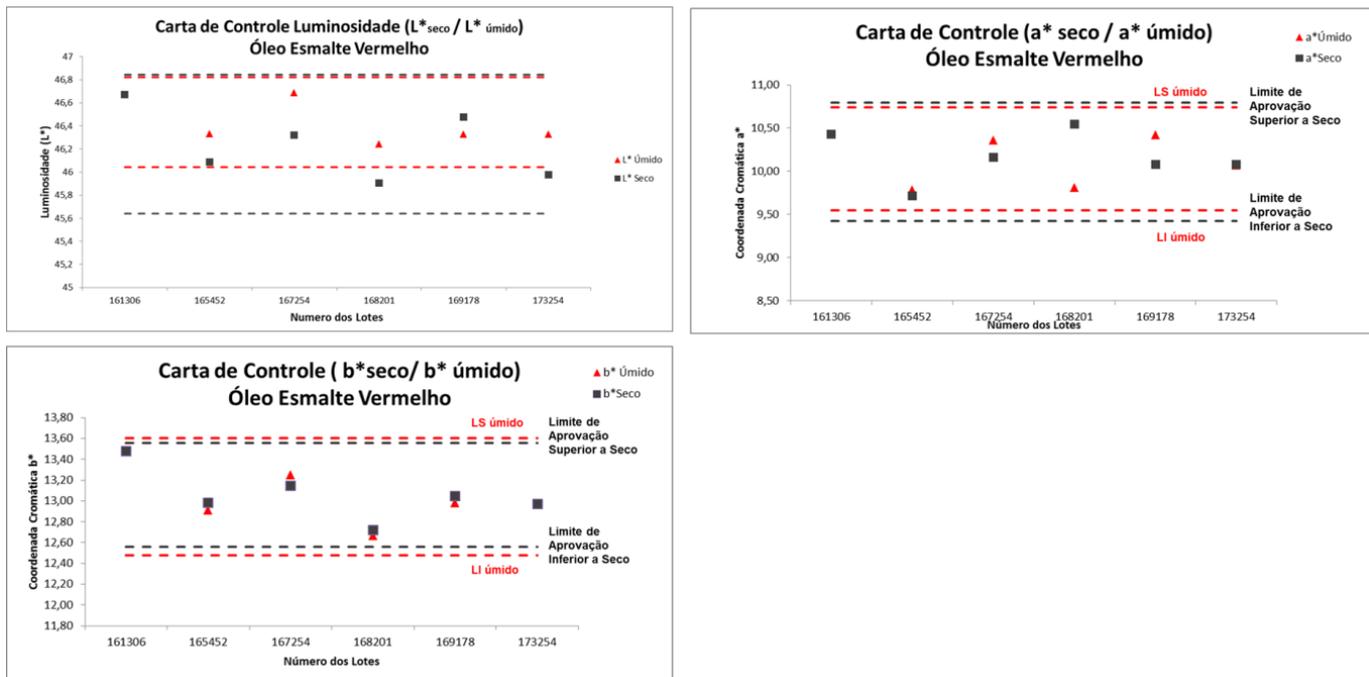
Máximo  $\Delta E$  seco obtido = 0,83

Tolerância de aprovação a seco -  $\Delta E$  seco < 1,5

Status: todos os lotes aprovados.

A figura 6.15 ilustra os gráficos que plotam os valores absolutos das coordenadas cromáticas medidas a úmido e a seco, de cada batelada da cor Vermelha.

O mesmo artifício matemático, mencionado nas análises anteriores para conseguir visualizar a correlação ente às medidas, é utilizado.



**Figura 6.15 - Cartas de Controle das Coordenadas Cromáticas da Cor Vermelha - Nestes gráficos são plotadas os valores absolutos das coordenadas cromáticas L\*, a\* e b\* tanto a seco quanto a úmido. As linhas pontilhadas representam o limite superior e o limite inferior de controle.**

Repetem-se as mesmas observações dos experimentos anteriores.

Confirma-se que, controlando as medidas a úmido, as medidas a seco são mantidas controladas.

Neste caso:

Coordenada L\*

Limites de controle a úmido:  $-0,19 < \Delta L^* \text{úmido} < 0,26$

Limites obtidos a seco:  $-0,27 < \Delta L^* \text{seco} < 0,36$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta L^* \text{seco} < 0,8$

Coordenada a\*

Limites de controle a úmido:  $-0,36 < \Delta a^* \text{úmido} < 0,28$

Limites obtidos a seco:  $-0,46 < \Delta a^* \text{seco} < 0,50$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta a^* \text{seco} < 0,8$

Coordenada b\*

Limites de controle a úmido:  $-0,38 < \Delta b^* \text{úmido} < 0,43$

Limites obtidos a seco:  $-0,39 < \Delta b^* \text{seco} < 0,49$

Tolerância de aprovação a seco:  $-0,8 < \Delta b^* \text{seco} < 0,8$

## 7 CONCLUSÕES

A Colorimetria foi desenvolvida com o objetivo de mensurar a diferença de cor, transformando uma avaliação subjetiva (visual) em objetiva (valor de  $\Delta E$ ). Embasada em dados empíricos, em conceitos e em experimentos, traduziu em equações a percepção da diferença de cor do olho humano. Sendo a diferença de cor um número, a avaliação visual fica dispensada. Desta forma, ajustar a cor sem visualizá-la é uma metodologia possível de ser realizada.

### **Como conclusão geral do estudo tem-se que:**

O presente trabalho demonstrou, a partir de experimentos e dados, de que é possível controlar a cor de diferentes lotes de tintas decorativas “lisas” base solvente (sem pigmento de efeito) a partir da medida da cor da tinta líquida, sem a necessidade da avaliação visual do filme seco.

### **Como conclusões parciais, tem-se que:**

- 1) Os resultados obtidos demonstram que, ao manter as coordenadas cromáticas da leitura da tinta líquida ( $L^*, a^*, b^*$ ) dentro de limites que mantenham a diferença de cor a úmido ( $\Delta E_{úmido}$ ) menor ou igual a 0,3, a diferença de cor a seco ( $\Delta E_{seco}$ ) será mantida dentro dos limites de aprovação, menor ou igual a 0,5.

O que se observa é que os limites não são os mesmos para cada coordenada, e mesmo mantendo os limites de controle a úmido muito estreitos, o processo gera limites a seco mais amplos, traduzindo em uma maior variabilidade nos valores. No entanto, esta não é perceptível sob uma avaliação visual, o que torna segura a aprovação da cor a úmido.

- 2) A maior variabilidade dos valores das coordenadas cromáticas, quando medidas a seco, está relacionada à menor precisão detectada na medida da tinta líquida (presença da interface), a variações relativas à aplicação e a variações relativas a alterações das matérias-primas (resina, pastas de tingimento).
- 3) O ponto determinante para o sucesso da aplicação da metodologia é o método de obtenção do padrão líquido, que incorpora a aprovação tendenciosa do colorista e as variações intrínsecas do processo.

Além disso, o número de lotes adicionados para determinar o padrão úmido virtual pode ser determinado pelo especialista no processo, podendo adotar somente três (caso

em questão) ou cinco, dez ou mais. A recomendação é que não ultrapasse de dez, e mesmo se dez não forem suficientes, a metodologia pode não ser aplicada para esses casos.

- 4) Tintas que não possuem cobertura não podem ser controladas a úmido, por que a cor sofre influência do substrato.
- 5) A proposta de criar cartas de controle para controlar os valores absolutos das coordenadas cromáticas abandona a liberação da cor pelos valores que medem a diferença entre a amostra e o padrão ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  e  $\Delta E$ ).
- 6) Essa técnica permite mensurar, a partir das cartas de controle, o que o processo pode entregar sem idealizar de que é possível se ajustar a cor a limites extremos, evitando desta forma o esforço desnecessário de atingir valores de  $\Delta E$  menores que 0,1.
- 7) Para  $\Delta E = 1$ , com a diferença de cor acumulada em uma das coordenadas, a diferença de cor é perceptível. Controlando os valores absolutos das coordenadas esta situação não acontece.
- 8) A técnica desenvolvida neste trabalho, tendo os valores plotados em um gráfico, com um limite superior e inferior definido, elimina a necessidade da aprovação visual a seco.

#### **Recomendações para trabalhos futuros:**

Ajustar a cor da tinta líquida traz importantes vantagens operacionais e econômicas, como a redução do tempo de processamento com a consequente redução dos custos operacionais. Também traz importante vantagem técnica, à medida que não é mais necessária a avaliação visual por parte do colorista.

- 1) Quando é possível que as propriedades de um produto sejam medidas por equipamentos, torna-se possível se desenvolver um processo automatizado, e consequentemente um processo contínuo. Trata-se da grande oportunidade que a tecnologia proposta neste trabalho viabiliza.
- 2) Melhorias no equipamento podem ser feitas, como uma nova versão da colorcélula que possibilite calibrar o espectrofotômetro junto com a janela de leitura.
- 3) Desenvolvimento de uma Colorcélula que permita a leitura de tintas com pigmentos de efeito.

- 4) A ferramenta análise multivariada de dados pode ser usada na determinação da correlação entre a refletância da tinta líquida e do filme seco bem como na determinação do padrão líquido e no controle da cor das tintas.

## 8 BIBLIOGRAFIA

MOINHO PIRAMIDE. ([201-]). Retrieved julho 08, 2016, from MOINHO PIRAMIDE:

<http://www.moinhopiramide.com.br/fabricas-completas.php>

MOINHO PIRAMIDE. ([201-]). Retrieved julho 07, 2016, from MOINHO PIRAMIDE:

[http://www.moinhopiramide.com.br/maquinadesenvase/images/envase-com-saco\\_03.jpg](http://www.moinhopiramide.com.br/maquinadesenvase/images/envase-com-saco_03.jpg)

PCI Paint and Coating Industry. (2003, Fevereiro 01). Retrieved julho 05, 2016, from PCI

Paint and Coating Industry: <http://www.pcimag.com/articles/83293-understanding-color-communicaton>

<http://polemicascmm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>.

(2012, setembro 28). Retrieved julho 07, 2016, from

[polemicascmm.blogspot.com.br](http://polemicascmm.blogspot.com.br):

<http://polemicascmm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>

<http://4.bp.blogspot.com/>-

[MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv\\_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg). (2015). Retrieved from

[raiosinfravermelhos.blogspot.com](http://raiosinfravermelhos.blogspot.com): <http://4.bp.blogspot.com/>-

[MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv\\_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg)

<http://www.aprenderdesign.com/2015/09/estudo-da-teoria-das-cores-entendendo-as-cores.html>. (2016). Retrieved julho 07, 2016, from [aprenderdesign.com](http://www.aprenderdesign.com):

<http://www.aprenderdesign.com/2015/09/estudo-da-teoria-das-cores-entendendo-as-cores.html>

ABRAFATI. (n.d.). *Associação Brasileira dos fabricantes de Tintas*. Retrieved from

[Abrafati.com.br](http://Abrafati.com.br)

Additives, B. W. (2005, abril). Borchers's Wetting and Dispersing Additives. *Borchers's*

*Wetting and Dispersing Additives*. Langenfeld, Alemanha.

ANGHINETTI, I. C. (2012). *Tintas, suas Propriedades e Aplicações Imobiliárias*. Minas Gerais.

ARTY, D. ([201-]). [chiefofdesign.com.br](http://chiefofdesign.com.br). Retrieved julho 07, 2016, from chief of design:

<http://chiefofdesign.com.br/teoria-das-cores/>

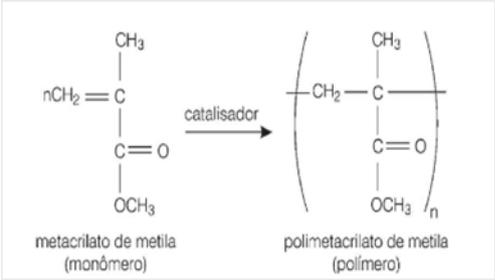
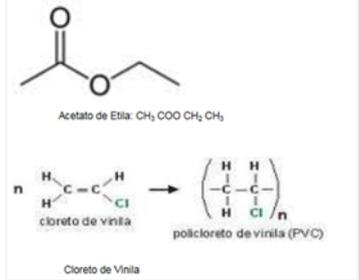
- AZEVEDO, R. (2011, 07 04). *PUC-RIO-BR*. Retrieved 07 07, 2016, from PUC-RIO-BR:  
[http://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/fcg/trb11/Roberto\\_Azevedo/main/node1.html](http://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/fcg/trb11/Roberto_Azevedo/main/node1.html)
- CASTRO, A. J. (2003). *Resina Poliester: Caracterização e Estudo das Condições de Cura e Propriedades Mecânicas*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CONCEIÇÃO, S. J., GOMES, T. M., & SAMPAIO, V. G. (2012, março). *ASPECTOS GERAIS SOBRE A FABRICAÇÃO DE TINTAS E REVESTIMENTOS*. Retrieved julho 07, 2016, from EBAH:  
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABXTEAH/processo-fabricacao-tintas>
- conceitos... (2010). 2.2. *Conceitos básicos fundamentais de Óptica Geométrica*. Retrieved julho 07, 2016, from wordpress.com:  
<https://lusoacademia.wordpress.com/2015/08/10/a-optica-do-dia-a-dia/>
- DONADIO, P. A. (2011, janeiro). *MANUAL BÁSICO SOBRE TINTAS. MANUAL BÁSICO SOBRE TINTAS*. São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Filtros, F. ([201-]). *FSI Filtros Bolsa*. Retrieved julho 08, 2016, from FSI Filtro Bolsa:  
<http://www.fsifilters.com/pt/equipamentos-de-filtracao/carcacas-de-filtro-bolsa/filtro-easy-open.html>
- FIORETTI, G. B. (2007). *INFLUÊNCIA DO TIPO DE ROCHA NO MANCHAMENTO FRENTE A UMIDADE DE REVESTIMENTOS PÉTREOS*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do SUL.
- GATTASS, M. (2006). *Introdução às cores*.
- GOETH, J. (2015, agosto 01). *hand print: color temperature*. Retrieved julho 09, 2016, from handprint.com: <http://www.handprint.com/HP/WCL/color12.html>
- GONZALES, R. C., & WOODS, R. E. (1992). *Digital Images Processing*.
- HARBS, T. W. ([200-]). *A Moagem Super Fina em Moinho Agitador*. Pomerode: Netzsh do Brasil.
- KRÄNKEL, F. ([200-]). *Treinamento - Pintura Industrial com Tintas Líquidas-*. Guaramirim: Tintas WEG Ltda.
- Ladchumanandasivam, D. (2002). Volume II - *Ciência da Cor. Processos Químicos Textéis.*, pp. 3 - 5.
- LEITÃO, M. (n.d.). *ABC das Cores - Padrões Regionais*. Retrieved julho 07, 2016, from wordpress.com: <https://marcioleitaoexpress.wordpress.com/abc-das-cores/abc-das-cores-padroes-regionais/>

- LOZANO, R. D. (1978). *EL COLOR Y SU MEDICIÓN*. Buenos Aires: SIAGRA.
- MAXWELL. ([200-]). *Fundamentos da Colorimetria*. Retrieved from puc-rio.br:  
[www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9324/9324\\_3](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9324/9324_3)
- MEDRI, W. (2011, Março). *Análise Exploratória de Dados*. p. 35.
- MINOLTA, K. (2006 ). *KONICA MINOLTA*. Retrieved julho 07, 2016, from KONICA MINOLTA: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2014/07/compreendendo-observadores-padrao-em-medicao-de-cor/>
- PETTER, C. O., & GLIESE, R. ([200-]). *Fundamentos da Colorimetria*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PUC-RIO. (2011). *Cor em Sistemas Digitais*. Rio de Janeiro: PUC-RIO.
- Soluções... ([199-]). *Soluções para defeitos de pinturas com tintas líquidas*. Guaramirim: WEG TINTAS.
- UNIFRA. (2011, Maio). *Tecnologia de Tintas e Coberturas Industriais*. Retrieved julho 07, 2016, from slideShare.net: <http://pt.slideshare.net/marciotics/apresentao-tintas-pigmentos-e-coberturas-industriais/46>
- Vianna, A. C. ([201-]). *Computação Gráfica*. p. 12.
- Villate, J. E. (2005, abril). *Teoria da Luz - Experiências*.

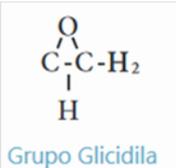
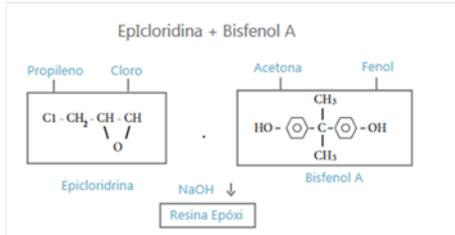
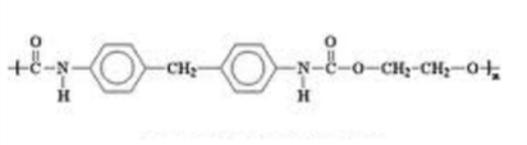
# ANEXOS

## ANEXO 1

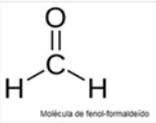
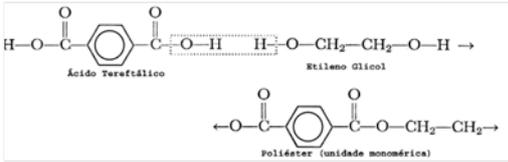
### Obtenção e características das Resinas Acrílicas e Vinílicas

Tipo	Obtenção	Características
<b>Resina Acrílica</b>	<p>As resinas acrílicas são obtidas a partir da reação de polimerização de monômeros acrílicos como o metacrilato de metila e o acrilato de butila. Podem ser dissolvidas em solventes orgânicos ou água.</p> <div style="text-align: center;">  <p>metacrilato de metila (monômero) → polimetacrilato de metila (polímero)</p> </div> <p style="text-align: center;">Figura 1 - Polimerização do Metacrilato de Metila (ANGHINETTI, 2012)</p>	<p>Estas resinas têm grande aplicação devido ao excelente aspecto do revestimento, as excelentes características de aplicabilidade, a maior resistência a intempéries, produtos químicos e ao crescimento de algas e fungos. (ANGHINETTI, 2012)</p> <p>A excelente aplicabilidade das resinas Acrílicas Termoconvertíveis foi a responsável pela introdução definitiva dos pigmentos metálicos nos acabamentos automotivos, pois permitia, mesmo com a aplicação manual, uma boa consistência da cor sem a ocorrência de irregularidades como manchamentos e escorrimentos.</p> <p>As relações de cura dependendo da reatividade do reticulante e da resina acrílica podem ocorrer a temperaturas baixas, na ordem de 100°C. Estas formulações a exemplo do que se pratica com as alquídicas são fornecidas em sistemas monocomponentes. (DONADIO, 2011)</p> <p>Na mistura de solventes podem predominar os hidrocarbonetos aromáticos o que torna o sistema adequado às aplicações eletrostáticas.</p>
<b>Resina Vinílica</b>	<p>As resinas vinílicas são obtidas pela copolimerização em emulsão de acetato de etila com monômeros, como o cloreto de vinila. Podem ser dissolvidas em solventes orgânicos ou água.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Acetato de Etila: CH<sub>3</sub>COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></p> <p>cloreto de vinila → polícloreto de vinila (PVC)</p> <p>Cloreto de Vinila</p> </div> <p style="text-align: center;">Figura 1 - Polimerização Acetato de Etila - Resina Vinílica (ANGHINETTI, 2012)</p>	<p>As tintas vinílicas, também chamadas látex PVA possuem grande rendimento, durabilidade, ótimo desempenho nas repinturas e excelente acabamento. Apesar de não ter boa resistência a solventes, possui boa resistência a ácidos. Também possui alta resistência à água, a álcalis e à abrasão. São resinas de menor custo quando comparadas as Acrílicas. (ANGHINETTI, 2012)</p>

## Obtenção e características das Resinas Epoxi e Poliuretânicas

Tipo	Obtenção	Características
<p><b>Resina Epoxi</b></p>	<p>Epóxi é um grupo constituído por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. As resinas epoxídicas ou simplesmente resinas epóxi são polímeros caracterizados pela presença do grupo glicídila em sua molécula, além de outros grupos funcionais.</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>Grupo Glicídila</b></p> </div> <p><b>Figura 1 - Grupo Glicídila</b> (ANGHINETTI, 2012)</p>	<p>A tinta epóxi é constituída por dois componentes, que misturados no momento da aplicação, reagem produzindo o produto final. O outro componente, além da resina, é à base de poliaminas, poliamidas ou isocianato alifático. O excesso desse último componente torna o filme duro e quebradiço. O excesso da resina torna o filme mole e pegajoso.</p>
	<p>A resina epóxi é um polímero formado na grande maioria pela reação 28 do bisfenol A com epícloridrina.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Figura 1 - Reação de Formação da Resina Epoxi</b> (ANGHINETTI, 2012)</p>	<p>As resinas epóxi possuem características notáveis incluindo dureza extrema, o baixo encolhimento durante a cura devido às ausências de matérias primas voláteis, excelente resistência térmica e química especialmente aos solventes e à água, alta aderência a qualquer superfície, e alto poder de molhabilidade. Possuem baixa resistência a intempéries.</p>
<p><b>Resina Poliuretânica</b></p>	<p>As resinas de poliuretano são obtidas basicamente pelo resultado da condensação de poliálcoois com isocianatos. Os compostos que contêm o grupo isocianato (-N=C=O) são altamente reativos com o hidrogênio ativo de diferentes substâncias químicas. O nome "poliuretano" ou simplesmente "uretano" advém do grupo químico característico resultante da reação do isocianato com o hidrogênio hábil do outro reagente: (DONADIO, 2011)</p> <div style="text-align: center;">  <p>Poliuretano = poliálcool + isocianato, unidos pelo enlace uretano</p> </div> <p><b>Figura 1 Reação Uretânica - Formação da Resina Poliuretânica</b> (ANGHINETTI, 2012)</p>	<p>As tintas de poliuretano, a exemplo das epoxídicas, são fornecidas em duas embalagens, uma contendo a resina polihidroxiada (poliéster, acrílica, epóxi) e a outra o agente de cura à base de poliisocianato aromático, alifático ou cicloalifático. Quando o agente de cura é a base de isocianato aromático, a tinta não é indicada para pinturas exteriores, pois possui fraca resistência aos raios ultravioleta. Como consequência não tem boa retenção de cor e brilho quando expostas ao intemperismo natural. As tintas de poliuretano com agente de cura à base de isocianato alifático e cicloalifático possuem excelente resistência aos raios ultravioletas e são as que apresentam melhor retenção de cor e brilho quando expostas ao intemperismo natural. Da mesma forma que as tintas epoxídicas, as tintas de poliuretano apresentam excelente resistência química (ácidos, álcalis) e mecânica (abrasão, dureza, impacto). As tintas de poliuretano alifático são as de custo unitário mais elevado. (DONADIO, 2011)</p>

## Obtenção e características das Resinas Fenólicas e Poliéster

Tipo	Obtenção	Características
<p><b>Resinas Fenólica</b></p>	<p>São resinas duras e quebradiças obtidas através da reação entre o fenol e o aldeído. As resinas fenólicas são usadas para modificar outros polímeros em tintas, ou como agentes de reticulação durante a cura, quando reagem com outros polímeros.</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>Figura 1 - Molécula de Fenol-Formaldeído</b> (ANGHINETTI, 2012)</p> </div>	<p>As resinas fenólicas são usadas em combinação com outras resinas, tais como as alquídicas e as epóxi, proporcionando excelente aderência ao substrato, por suas ligações químicas muito fortes. Entretanto, a resina fenólica não proporciona boa retenção de cor, por este motivo são usadas em primers.</p>
<p><b>Resinas Poliéster</b></p>	<p>As resinas poliéster contêm grupos ésteres e são obtidas através da reação de condensação com um diálcool e um diácido, como reagentes de partida. Essas resinas são convenientemente classificadas em três tipos: a resina de poliéster saturado, de poliéster de ácidos insaturados e de poliéster de álcoois insaturados como componente. O exemplo apresentado no esquema a seguir, demonstra a reação de condensação do ácido tereftálico com etileno glicol, liberando uma molécula de água com a formação da cadeia do poliéster. (CASTRO, 2003)</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>Figura 1- Resina Poliéster</b> (CASTRO, 2003)</p> </div>	<p>As resinas poliésteres possuem desempenho superior como durabilidade, brilho, dureza, flexibilidade, estabilidade de cor e versatilidade de cura. Poliésteres são usados em revestimentos de produtos domésticos, recipientes de alimentos e bebidas, aeronaves e equipamentos, indústria automotiva, artefatos de cozinha, móveis de metal e etc. (segmento industrial).</p>

## ANEXO 2

Curva de reflexão a seco e a úmido das cores azul, amarelo, verde e vermelho.

wl (nm)	Azul		Amarelo		Verde		Vermelho	
	% R úmido	%R seco						
400	42,80	34,26	37,30	29	13,19	7,68	11,39	5,25
410	55,74	45,48	43,60	34,12	13,41	7,53	11,35	5,24
420	60,35	49,56	44,97	35,23	13,47	7,49	11,25	5,2
430	62,65	51,95	45,43	35,48	13,60	7,54	11,22	5,17
440	65,04	54,47	45,89	36,03	13,72	7,72	11,13	5,12
450	67,03	56,5	46,53	36,65	13,95	7,87	11,07	5,08
460	68,42	57,91	47,13	37,24	14,30	8,16	11,03	5,07
470	69,36	59	47,56	37,63	14,77	8,59	10,98	5,01
480	69,59	59,3	47,79	37,81	15,61	9,22	10,93	4,96
490	69,18	58,84	48,17	38,3	17,12	10,52	10,84	4,94
500	68,23	57,92	50,53	40,81	20,22	13,25	10,83	4,93
510	66,65	56,22	57,50	48,29	24,88	17,36	10,77	4,92
520	64,13	53,5	66,92	58,12	28,74	20,51	10,73	4,89
530	60,78	50,03	73,20	64,47	29,53	20,98	10,71	4,86
540	56,74	45,75	75,82	66,77	28,22	19,73	10,75	4,88
550	52,09	41,06	76,71	67,4	26,05	17,75	10,88	4,98
560	47,33	36,35	77,09	67,86	23,62	15,65	11,27	5,22
570	43,63	32,87	79,51	70,62	21,67	13,97	12,59	6,09
580	41,23	30,62	83,60	74,41	20,37	12,9	16,66	8,94
590	39,42	28,87	85,88	76	19,52	12,19	25,29	15,4
600	37,61	27,18	85,61	75,58	18,76	11,54	36,85	24,73
610	36,15	25,85	84,67	74,58	18,17	11,01	47,23	33,85
620	35,35	25,08	84,01	73,96	17,76	10,72	54,14	40,18
630	34,80	24,58	83,56	73,61	17,51	10,5	57,75	43,4
640	34,51	24,31	83,21	73,2	17,34	10,33	59,43	44,85
650	34,79	24,47	83,02	73,01	17,41	10,33	60,59	45,82
660	35,51	25,02	83,07	73,18	17,65	10,52	61,71	46,67
670	35,95	25,31	83,48	73,57	17,75	10,57	62,78	47,47
680	35,72	24,98	84,31	74,29	17,50	10,36	64,07	48,42
690	35,14	24,37	85,24	74,89	17,18	10,04	65,61	49,35
700	34,02	23,38	85,85	75,6	16,64	9,59	67,27	50,38

### ANEXO 3

Curva de reflexão a seco e a úmido das cores cinza escuro, cinza médio e cinza claro.

wl (nm)	Cinza ESCURO		Cinza MEDIO		Cinza CLARO	
	% R úmido	%R seco	% R úmido	%R seco	% R úmido	%R seco
400	24,3	16,48	32,97	25,24	39,41	31,62
410	26,18	18,04	38,25	29,39	48,52	39,26
420	26,52	18,39	39,47	30,39	50,95	41,46
430	26,57	18,5	39,92	30,81	51,59	42,21
440	26,54	18,46	40,14	31,15	52	42,68
450	26,43	18,46	40,54	31,5	52,4	43,14
460	26,4	18,36	40,88	31,78	52,84	43,5
470	26,29	18,3	41,09	32,03	53,28	43,96
480	26,19	18,19	41,18	32,15	53,76	44,46
490	26,1	18,08	41,28	32,22	54,37	45,06
500	25,99	18,02	41,78	32,7	55,21	45,91
510	25,9	17,9	42,86	33,76	55,77	46,4
520	25,77	17,78	43,75	34,56	55,78	46,35
530	25,65	17,67	44,06	34,78	55,56	46,08
540	25,52	17,54	44,04	34,66	55,33	45,82
550	25,43	17,47	43,93	34,48	55,11	45,67
560	25,35	17,33	43,67	34,19	54,78	45,22
570	25,24	17,18	43,32	33,83	54,44	44,88
580	25,09	17,08	42,94	33,46	54,16	44,6
590	24,98	16,95	42,39	32,8	53,84	44,2
600	24,85	16,83	41,67	32,04	53,37	43,67
610	24,75	16,7	41,02	31,39	52,83	43,09
620	24,64	16,6	40,58	30,96	52,43	42,61
630	24,52	16,47	40,21	30,61	52,16	42,27
640	24,38	16,35	39,96	30,29	52,02	42,07
650	24,29	16,26	39,83	30,09	51,96	42,03
660	24,19	16,16	39,74	30,03	51,94	41,97
670	24,08	16,04	39,78	30,09	51,97	41,99
680	24	15,95	39,95	30,21	52,09	42,09
690	23,89	15,89	40,17	30,4	52,28	42,16
700	23,8	15,77	40,22	30,46	52,3	42,19

## ANEXO 4

Curva de reflexão das cores CC4003 Gelo, CC4006 Verde, CC4010 Marfim, CC4022 e Azul e CC4040 Vermelho.

Wl (nm)	CC4003 GELO	CC4006 VERDE	CC4010 MARFIM	CC4022 AZUL	CC4040 VERMELHO
400	36,74	16,14	31,77	31,99	5,73
410	50,49	18,14	40,74	43,41	5,77
420	55,73	19,06	42,99	47,85	5,74
430	57,96	20,12	43,82	50,85	5,74
440	60,04	21,57	44,50	54,15	5,75
450	61,63	22,88	45,33	56,61	5,76
460	62,55	23,94	46,00	57,79	5,78
470	62,97	25,13	46,49	58,44	5,80
480	63,56	26,89	46,91	58,77	5,86
490	64,22	29,76	47,34	58,80	6,01
500	65,20	34,66	49,63	58,66	6,30
510	66,42	40,42	55,71	57,95	7,06
520	67,62	44,64	62,75	56,13	7,78
530	68,80	46,35	66,59	53,46	8,07
540	69,70	45,57	68,00	50,35	8,33
550	70,25	42,50	68,44	46,53	8,62
560	70,50	38,08	68,68	41,87	9,36
570	70,60	34,17	68,85	38,12	10,61
580	70,53	31,50	68,90	35,74	12,29
590	70,39	29,68	68,85	34,14	13,90
600	70,19	28,11	68,93	32,64	14,96
610	69,98	26,81	68,80	31,26	15,48
620	69,82	26,04	68,68	30,42	15,70
630	69,68	25,61	68,66	29,95	15,83
640	69,55	25,36	68,68	29,93	15,87
650	69,60	25,63	68,64	30,26	15,85
660	69,57	26,34	68,70	31,20	15,87
670	69,52	26,65	68,73	31,45	15,93
680	69,60	26,28	68,77	31,14	15,94
690	69,62	25,45	68,64	30,22	15,97
700	69,65	24,23	68,71	28,78	16,07

## ANEXO 5

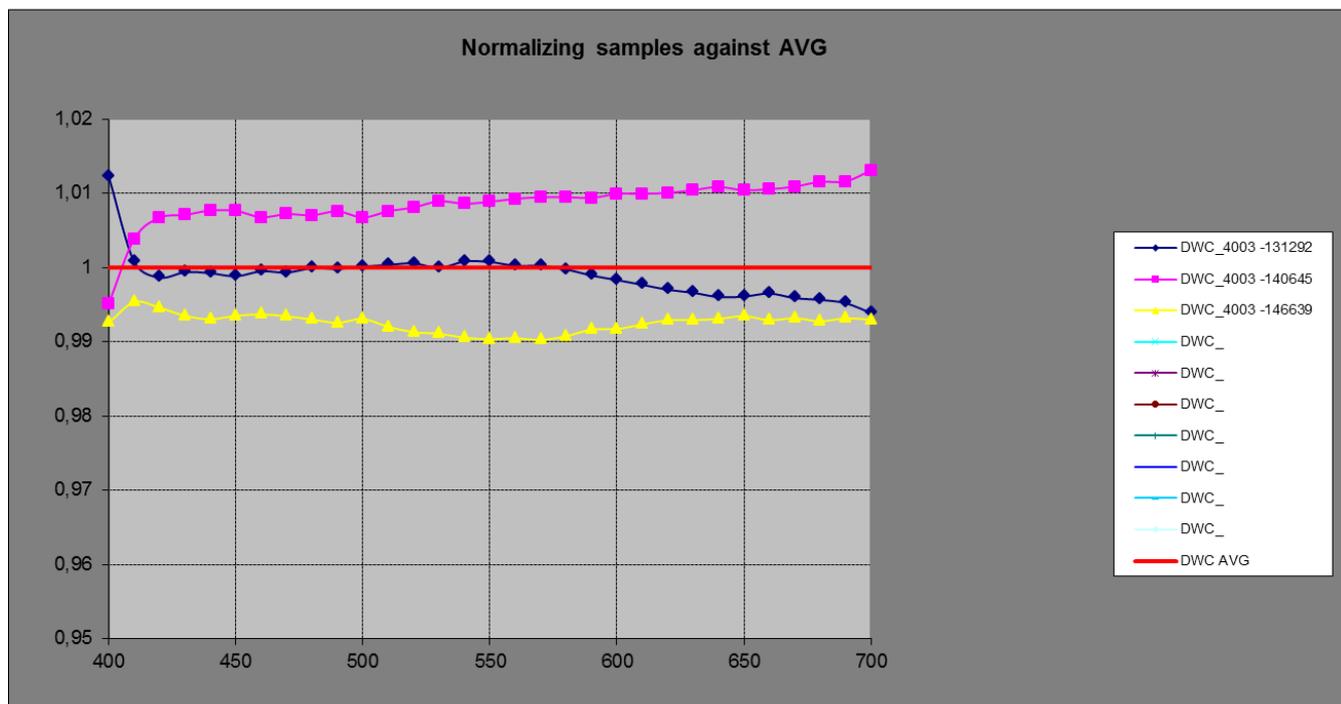
### Cor CC4003 – Gelo – Óleo Esmalte Gelo

Determinação da Relação Seco / Úmido									
	Medida a umido			Medida a Seco			Coeficiente		
wl (nm)	4003-131292	4003-140645	4003-146639	4003-131292	4003-140645	4003-146639	<i>SUC</i> <sup>131292</sup>	<i>SUC</i> <sup>140645</sup>	<i>SUC</i> <sup>146639</sup>
400	40,785	40,89	40,692	36,3423	35,822	35,5559	0,891070246	0,876057716	0,873781087
410	54,139	54,02	53,835	50,3635	50,4089	49,8096	0,930262842	0,933152536	0,925227083
420	58,856	58,62	58,44	55,2665	55,4892	54,6524	0,939012165	0,946591607	0,935188227
430	60,642	60,32	60,293	57,538	57,6749	56,8705	0,948814353	0,956148873	0,943235533
440	62,267	61,82	61,979	59,6192	59,6917	58,9751	0,957476673	0,96557263	0,951533584
450	63,449	62,97	63,204	61,2053	61,2791	60,6444	0,964637741	0,973147531	0,959502563
460	63,935	63,5	63,715	61,9842	62,0109	61,412	0,969487761	0,976549606	0,963854665
470	64,222	63,75	64,044	62,5876	62,617	62,046	0,974550777	0,982227451	0,968802698
480	64,555	64,06	64,425	63,162	63,1247	62,5985	0,978421501	0,985399625	0,971649205
490	65,043	64,52	64,905	63,8494	63,8273	63,2509	0,981649063	0,989263794	0,97451506
500	65,875	65,39	65,746	64,9087	64,8565	64,3236	0,985331309	0,99184126	0,978365224
510	66,868	66,55	66,768	66,1157	66,2774	65,4666	0,988749477	0,995903832	0,980508627
520	67,916	67,76	67,798	67,3516	67,7034	66,611	0,991689734	0,999164699	0,982492109
530	68,99	68,84	68,848	68,5162	68,981	67,7689	0,993132338	1,002048228	0,984326342
540	69,839	69,7	69,721	69,4163	69,8173	68,5883	0,993947508	1,001682927	0,983753819
550	70,423	70,31	70,326	69,8761	70,3296	69,0552	0,992234071	1,000278765	0,981929869
560	70,673	70,62	70,628	70,0178	70,5963	69,2897	0,990729133	0,999664401	0,981051424
570	70,679	70,75	70,76	69,9858	70,7049	69,3666	0,990192278	0,999362544	0,980308084
580	70,615	70,78	70,748	69,8127	70,6573	69,3145	0,988638391	0,998266459	0,979737943
590	70,532	70,76	70,67	69,5828	70,5393	69,2114	0,986542279	0,996881006	0,979360408
600	70,344	70,63	70,493	69,436	70,5284	69,1234	0,987092005	0,998561518	0,980571121
610	70,152	70,47	70,294	69,2288	70,3977	68,9983	0,986840005	0,998974032	0,981567417
620	70,01	70,39	70,165	69,0018	70,2846	68,8704	0,9855992	0,998502628	0,981549205
630	69,884	70,27	70,053	68,9413	70,2842	68,8526	0,986510503	1,000202078	0,982864403
640	69,838	70,16	69,961	68,9426	70,2921	68,8608	0,9871789	1,001882839	0,984274096
650	69,834	70,14	69,894	68,895	70,1925	68,7725	0,986553828	1,000748503	0,983954274
660	69,878	70,06	69,877	69,1307	70,2889	68,8807	0,989305647	1,0032672	0,98574209
670	69,836	69,97	69,81	69,165	70,343	68,9509	0,990391775	1,005330856	0,98769374
680	69,74	69,92	69,869	69,097	70,3821	69,0245	0,99078004	1,006608982	0,987913095
690	69,688	70,02	69,956	68,8588	70,3273	68,9818	0,988101251	1,004388746	0,986074104
700	69,378	69,89	69,957	68,6101	70,4535	69,1199	0,98893165	1,00806267	0,988034078

<b>Análise Estatística</b>						
<b>wl (nm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite Superior de Controle</b>	<b>Limite Inferior de Controle</b>	<b><i>SUC</i><sup>Medio</sup></b>	<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>STATUS</b>
400	0,009393918	0,899090852	0,861515181	0,880303016	1,067123199	OK
410	0,004010861	0,937569208	0,921525766	0,929547487	0,431485276	OK
420	0,005803842	0,951871684	0,928656315	0,940264	0,617256667	OK
430	0,006476531	0,962352649	0,936446524	0,949399586	0,682171281	OK
440	0,007046981	0,972288258	0,944100334	0,958194296	0,735443852	OK
450	0,006891682	0,979545976	0,951979247	0,965762611	0,713600032	OK
460	0,006360856	0,982685723	0,957242298	0,969964011	0,655782707	OK
470	0,006735425	0,988664493	0,961722791	0,975193642	0,690675677	OK
480	0,006875467	0,992241045	0,964739176	0,97849011	0,702660875	OK
490	0,007375672	0,996560651	0,967057961	0,981809306	0,751232694	OK
500	0,006739305	0,998657874	0,971700655	0,985179264	0,684068871	OK
510	0,00770399	1,003795291	0,972979333	0,988387312	0,779450473	OK
520	0,008351114	1,007817743	0,974413285	0,991115514	0,842597483	OK
530	0,008861	1,010890969	0,97544697	0,993168969	0,892194572	OK
540	0,008992598	1,011113281	0,975142888	0,993128084	0,905482202	OK
550	0,009197605	1,009876113	0,973085691	0,991480902	0,927663389	OK
560	0,009308956	1,009099564	0,971863741	0,990481653	0,939841325	OK
570	0,009529459	1,00901322	0,970895384	0,989954302	0,96261606	OK
580	0,009266639	1,007414209	0,970347653	0,988880931	0,937083396	OK
590	0,008807572	1,005209708	0,96997942	0,987594564	0,891820615	OK
600	0,009107927	1,006957403	0,970525693	0,988741548	0,921163617	OK
610	0,008925852	1,006978855	0,971275447	0,989127151	0,902396844	OK
620	0,008853619	1,006257583	0,970843106	0,988550345	0,895616438	OK
630	0,009141009	1,008141012	0,971576977	0,989858994	0,92346574	OK
640	0,009440265	1,009992474	0,972231416	0,991111945	0,952492266	OK
650	0,009039659	1,008498186	0,97233955	0,990418868	0,912710721	OK
660	0,009262409	1,011296464	0,974246827	0,992771645	0,932984885	OK
670	0,009500205	1,013472534	0,975471713	0,994472124	0,955301308	OK
680	0,01006902	1,015238745	0,974962666	0,995100705	1,011859383	OK
690	0,010040069	1,012934839	0,972774562	0,9928547	1,01123248	OK
700	0,011313311	1,017636088	0,972382844	0,995009466	1,13700538	OK

Normalização do $SUC^{Medio}$				
wl (nm)	$SUC^{Medio}$	$SUC^{131292}$	$SUC^{140645}$	$SUC^{146639}$
400	1	1,012231277	0,995177455	0,992591268
410	1	1,000769573	1,003878284	0,995352143
420	1	0,998668635	1,006729607	0,994601758
430	1	0,999383575	1,007109005	0,99350742
440	1	0,999251068	1,007700249	0,993048684
450	1	0,998835251	1,007646723	0,993518026
460	1	0,999509003	1,006789526	0,993701472
470	1	0,999340782	1,007212731	0,993446487
480	1	0,999929883	1,007061405	0,993008712
490	1	0,999836788	1,007592603	0,992570609
500	1	1,000154332	1,006762217	0,993083451
510	1	1,00036642	1,007604833	0,992028747
520	1	1,000579368	1,008121339	0,991299294
530	1	0,999963117	1,00894033	0,991096553
540	1	1,000825093	1,008614037	0,990560869
550	1	1,000759641	1,008873457	0,990366902
560	1	1,000249858	1,009270993	0,990479149
570	1	1,000240391	1,009503714	0,990255895
580	1	0,999754733	1,00949106	0,990754207
590	1	0,998934497	1,009403092	0,991662412
600	1	0,998331674	1,009931787	0,991736539
610	1	0,997687712	1,009955121	0,992357167
620	1	0,997014675	1,010067554	0,992917772
630	1	0,996617204	1,010449047	0,992933749
640	1	0,996031684	1,010867485	0,993100831
650	1	0,99609757	1,010429562	0,993472868
660	1	0,996508766	1,010571972	0,992919262
670	1	0,99589697	1,010919092	0,993183938
680	1	0,995658062	1,011564936	0,992777001
690	1	0,995212342	1,011617053	0,993170605
700	1	0,9938917	1,013118673	0,992989627

Representação gráfica da Variação dos Coeficientes Seco /Úmido.  
Normalização do  $SUC^{Medio}$



## Determinação do Padrão Líquido Virtual

wl (nm)	Padrão Seco	$SUC^{Medio}$	Padrão Líquido Virtual
400	36,74	0,880	41,74
410	50,49	0,925	54,58
420	55,73	0,935	59,59
430	57,96	0,945	61,34
440	60,04	0,954	62,95
450	61,63	0,961	64,13
460	62,55	0,970	64,49
470	62,97	0,975	64,57
480	63,56	0,978	64,96
490	64,22	0,982	65,41
500	65,2	0,985	66,18
510	66,42	0,988	67,20
520	67,62	0,991	68,23
530	68,8	0,993	69,27
540	69,7	0,990	70,41
550	70,25	0,988	71,08
560	70,5	0,987	71,42
570	70,6	0,987	71,51
580	70,53	0,986	71,54
590	70,39	0,984	71,51
600	70,19	0,985	71,24
610	69,98	0,986	71,00
620	69,82	0,985	70,91
630	69,68	0,986	70,64
640	69,55	0,991	70,17
650	69,6	0,987	70,54
660	69,57	0,989	70,32
670	69,52	0,991	70,15
680	69,6	0,992	70,15
690	69,62	0,990	70,35
700	69,65	0,992	70,21

	Curvas Medidas a Seco			Curvas Preditas a Seco a partir da leitura a Úmido e do Coeficiente <i>SUC<sup>Medio</sup></i>		
wl (nm)	4003-131292	4003-140645	4003-146639	4003 -131292	4003 -140645	4003 -146639
400	36,34	35,82	35,56	35,90	36,00	35,82
410	50,36	50,41	49,81	50,32	50,21	50,04
420	55,27	55,49	54,65	55,34	55,12	54,95
430	57,54	57,67	56,87	57,57	57,27	57,24
440	59,62	59,69	58,98	59,66	59,24	59,39
450	61,21	61,28	60,64	61,28	60,81	61,04
460	61,98	62,01	61,41	62,01	61,59	61,80
470	62,59	62,62	62,05	62,63	62,17	62,46
480	63,16	63,12	62,60	63,17	62,68	63,04
490	63,85	63,83	63,25	63,86	63,35	63,72
500	64,91	64,86	64,32	64,90	64,42	64,77
510	66,12	66,28	65,47	66,09	65,78	65,99
520	67,35	67,70	66,61	67,31	67,16	67,20
530	68,52	68,98	67,77	68,52	68,37	68,38
540	69,42	69,82	68,59	69,36	69,22	69,24
550	69,88	70,33	69,06	69,82	69,71	69,73
560	70,02	70,60	69,29	70,00	69,95	69,96
570	69,99	70,70	69,37	69,97	70,04	70,05
580	69,81	70,66	69,31	69,83	69,99	69,96
590	69,58	70,54	69,21	69,66	69,88	69,79
600	69,44	70,53	69,12	69,55	69,83	69,70
610	69,23	70,40	69,00	69,39	69,70	69,53
620	69,00	70,28	68,87	69,21	69,58	69,36
630	68,94	70,28	68,85	69,18	69,56	69,34
640	68,94	70,29	68,86	69,22	69,54	69,34
650	68,90	70,19	68,77	69,16	69,47	69,22
660	69,13	70,29	68,88	69,37	69,55	69,37
670	69,17	70,34	68,95	69,45	69,58	69,42
680	69,10	70,38	69,02	69,40	69,58	69,53
690	68,86	70,33	68,98	69,19	69,52	69,46
700	68,61	70,45	69,12	69,03	69,54	69,61
			<b>DL</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,29</b>
			<b>Da</b>	<b>0,12</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,07</b>
			<b>Db</b>	<b>-0,01</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,13</b>
			<b>DE</b>	<b>0,12</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>

Valores de L* a Úmido			
Lotes	L* Umido	LS	LI
131292	86,50	86,69	86,36
140645	86,48	86,69	86,36
146639	86,49	86,69	86,36
151362	86,39	86,69	86,36
156429	86,55	86,69	86,36
160990	86,64	86,69	86,36
167587	86,61	86,69	86,36
DESVPAD	0,08		
MEDIA	86,53		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
131292	86,26	86,76	85,69
140645	86,39	86,76	85,69
146639	85,81	86,76	85,69
151362	86,16	86,76	85,69
156429	86,67	86,76	85,69
160990	86,07	86,76	85,69
167587	86,24	86,76	85,69
DESVPAD	0,27		
MEDIA	86,23		

Valores de a* a Úmido			
Lotes	a* Umido	LS	LI
131292	-0,67	-0,26	-0,83
140645	-0,42	-0,26	-0,83
146639	-0,59	-0,26	-0,83
151362	-0,31	-0,26	-0,83
156429	-0,68	-0,26	-0,83
160990	-0,65	-0,26	-0,83
167587	-0,48	-0,26	-0,83
DESVPAD	0,14		
MEDIA	-0,54		
Valores de a* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
131292	-1,33	-0,72	-1,49
140645	-0,93	-0,72	-1,49
146639	-1,07	-0,72	-1,49
151362	-0,82	-0,72	-1,49
156429	-1,21	-0,72	-1,49
160990	-1,32	-0,72	-1,49
167587	-1,08	-0,72	-1,49
DESVPAD	0,19		
MEDIA	-1,11		

Valores de b* a Úmido			
Lotes	b* Umido	LS	LI
131292	5,59	6,01	5,30
140645	5,93	6,01	5,30
146639	5,80	6,01	5,30
151362	5,44	6,01	5,30
156429	5,74	6,01	5,30
160990	5,47	6,01	5,30
167587	5,63	6,01	5,30
DESVPAD	0,18		
MEDIA	5,66		
Valores de b* a Seco			
Lotes	b* Seco	LS	LI
131292	6,98	7,53	6,53
140645	7,43	7,53	6,53
146639	7,05	7,53	6,53
151362	6,75	7,53	6,53
156429	7,05	7,53	6,53
160990	6,72	7,53	6,53
167587	7,22	7,53	6,53
DESVPAD	0,25		
MEDIA	7,03		

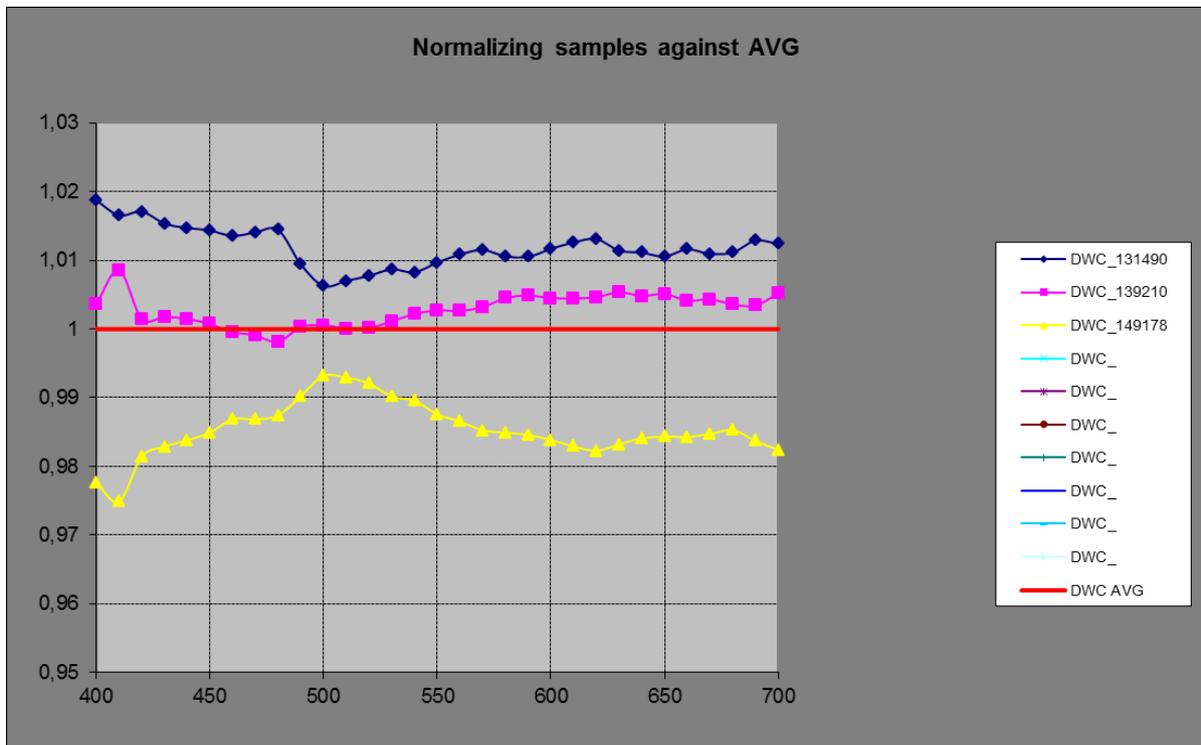
## ANEXO 6

### Cor CC4006 – Verde – Óleo Esmalte Verde

Determinação da Relação Seco / Úmido									
wl (nm)	Medida a umido			Medida a Seco			Coeficiente		
	4006 -131490	4006 -139210	4006 -149178	4006 -131490	4006 -139210	4006 -149178	<i>SUC</i> <sup>131490</sup>	<i>SUC</i> <sup>139210</sup>	<i>SUC</i> <sup>149178</sup>
400	21,536	21,522	21,586	15,9888	15,7406	15,3794	0,742421991	0,731372549	0,712471046
410	23,661	23,573	23,838	17,9311	17,7244	17,3245	0,757833566	0,751894116	0,726759795
420	24,632	24,678	24,74	18,8617	18,6071	18,2793	0,765739688	0,753995462	0,738856103
430	25,839	25,866	25,973	19,9629	19,7162	19,4245	0,772587948	0,762243872	0,747872791
440	27,337	27,336	27,505	21,4367	21,1561	20,9113	0,784164319	0,773928153	0,760272678
450	28,749	28,703	28,857	22,7902	22,4483	22,2123	0,792730182	0,78208898	0,769736979
460	29,904	29,789	29,889	23,8230	23,4043	23,1836	0,796649278	0,785669207	0,775656596
470	31,025	30,922	30,969	24,9428	24,4922	24,2299	0,803958098	0,792063903	0,782392069
480	32,726	32,674	32,641	26,6645	26,1945	25,8867	0,814780297	0,801692477	0,793073129
490	35,685	35,612	35,53	29,3909	29,0662	28,7080	0,823620569	0,816191172	0,807993245
500	40,548	40,552	40,378	34,3841	34,1921	33,7940	0,847985104	0,843166798	0,836940908
510	45,948	46,164	45,953	40,2029	40,1135	39,6446	0,874965178	0,868934668	0,862720606
520	49,916	50,149	49,963	44,4889	44,3598	43,8381	0,891275343	0,884560011	0,877411284
530	51,818	51,881	51,823	46,4700	46,1777	45,6219	0,89679262	0,890069582	0,880340775
540	51,335	51,302	51,302	45,6378	45,3340	44,7618	0,889019188	0,883669253	0,872515691
550	48,545	48,518	48,56	42,4881	42,1714	41,5712	0,875231229	0,869190816	0,856079077
560	44,297	44,414	44,429	37,7262	37,5182	36,9288	0,851664898	0,844738146	0,831186837
570	40,629	40,773	40,726	33,7533	33,5945	32,9554	0,830768663	0,823939862	0,809198055
580	38,149	38,237	38,191	31,0703	30,9545	30,3143	0,814445988	0,809543113	0,793755073
590	36,486	36,564	36,498	29,2211	29,1209	28,4809	0,800885271	0,796436386	0,780341389
600	34,926	35,045	34,978	27,6126	27,5102	26,8930	0,790602989	0,784996433	0,768854709
610	33,618	33,8	33,77	26,2989	26,2289	25,6433	0,782286275	0,776002959	0,759351495
620	32,92	33,135	33,15	25,5499	25,5013	24,9452	0,776120899	0,769618228	0,752494721
630	32,515	32,74	32,785	25,1151	25,1376	24,6172	0,772415808	0,767794746	0,750867775
640	32,358	32,62	32,634	24,9720	25,0167	24,5109	0,771741146	0,766912937	0,751084758
650	32,74	33,051	33,087	25,1388	25,2412	24,7461	0,767831399	0,763704578	0,747910055
660	33,524	33,899	33,938	25,8853	25,9813	25,4972	0,772142346	0,766432638	0,751287642
670	33,875	34,263	34,254	26,0755	26,2020	25,6835	0,769756458	0,764731635	0,749795644
680	33,478	33,862	33,761	25,7826	25,8838	25,3356	0,770135611	0,764390763	0,750439857
690	32,63	33,035	32,949	24,9523	25,0258	24,4710	0,76470426	0,757554109	0,742693253
700	31,354	31,674	31,676	23,6550	23,7272	23,1895	0,754449193	0,749106523	0,732084228

<b>Análise Estatística</b>						
<b>wl (nm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite Superior de Controle</b>	<b>Limite Inferior de Controle</b>	<b><i>SUC</i><sup>Medio</sup></b>	<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>STATUS</b>
400	0,015146045	0,759047286	0,698463105	0,728755195	2,078344717	OUT
410	0,016495405	0,778486636	0,712505015	0,745495826	2,212675732	OUT
420	0,013477476	0,779818703	0,725908799	0,752863751	1,79016136	OUT
430	0,012412137	0,785725812	0,736077263	0,760901537	1,631240915	OUT
440	0,011986532	0,796761447	0,74881532	0,772788383	1,551075556	OUT
450	0,011507204	0,804533122	0,758504305	0,781518714	1,472415699	OK
460	0,010500056	0,806991805	0,764991582	0,785991694	1,335899061	OK
470	0,010802082	0,814408854	0,771200526	0,79280469	1,362514889	OK
480	0,010929969	0,825041906	0,78132203	0,803181968	1,360833471	OK
490	0,007816811	0,831568617	0,800301374	0,815934995	0,958018821	OK
500	0,005537027	0,853771658	0,831623549	0,842697604	0,657059822	OK
510	0,006122515	0,881118515	0,856628453	0,868873484	0,704649814	OK
520	0,006933158	0,898281862	0,87054923	0,884415546	0,783925391	OK
530	0,008271559	0,905610777	0,872524541	0,889067659	0,930363275	OK
540	0,008420106	0,898574923	0,864894498	0,881734711	0,95494779	OK
550	0,009791231	0,886416168	0,847251246	0,866833707	1,129539662	OK
560	0,010416084	0,863362128	0,821697792	0,84252996	1,23628648	OK
570	0,011024552	0,843351298	0,799253089	0,821302193	1,342325906	OK
580	0,010812141	0,827539006	0,784290443	0,805914725	1,341598623	OK
590	0,010808119	0,814170586	0,77093811	0,792554348	1,363706983	OK
600	0,011291416	0,804067542	0,758901878	0,78148471	1,444867161	OK
610	0,01185155	0,79625001	0,74884381	0,77254691	1,534088067	OUT
620	0,012204477	0,790486903	0,741668996	0,76607795	1,593111622	OUT
630	0,01134456	0,786381897	0,741003656	0,763692776	1,485487464	OK
640	0,010805317	0,784856913	0,741635647	0,76324628	1,415705104	OK
650	0,010514732	0,780844808	0,73878588	0,759815344	1,383853589	OK
660	0,010777216	0,784841974	0,74173311	0,763287542	1,411947078	OK
670	0,010382411	0,782192734	0,740663091	0,761427912	1,363544809	OK
680	0,010128786	0,781912982	0,741397838	0,76165541	1,329838369	OK
690	0,011228343	0,77744056	0,732527188	0,754983874	1,487229506	OK
700	0,011679714	0,768572743	0,721853886	0,745213315	1,567298091	OUT

Normalização do $SUC^{Medio}$				
wl (nm)	$SUC^{Medio}$	$SUC^{131490}$	$SUC^{139210}$	$SUC^{149178}$
400	1	1,018753617	1,00359154	0,977654843
410	1	1,01654971	1,008582597	0,974867692
420	1	1,017102613	1,001503208	0,98139418
430	1	1,015358638	1,001764138	0,982877224
440	1	1,014720635	1,00147488	0,983804485
450	1	1,014345745	1,00072969	0,984924565
460	1	1,013559411	0,999589707	0,986850882
470	1	1,014068292	0,999065612	0,986866096
480	1	1,014440475	0,998145513	0,987414012
490	1	1,009419346	1,000313967	0,990266688
500	1	1,006274493	1,000556777	0,99316873
510	1	1,007011026	1,000070417	0,992918557
520	1	1,007756305	1,000163345	0,99208035
530	1	1,008688834	1,001126937	0,99018423
540	1	1,008261529	1,002194018	0,989544452
550	1	1,009687581	1,002719216	0,987593203
560	1	1,010842271	1,002620898	0,986536831
570	1	1,011526171	1,003211569	0,98526226
580	1	1,010585814	1,004502198	0,984911987
590	1	1,010511484	1,004898134	0,984590382
600	1	1,011667892	1,004493655	0,983838453
610	1	1,012606827	1,004473578	0,982919595
620	1	1,013109566	1,004621304	0,98226913
630	1	1,011422174	1,005371231	0,983206596
640	1	1,011129914	1,004804028	0,984066058
650	1	1,010550004	1,005118657	0,984331339
660	1	1,011600876	1,00412046	0,984278664
670	1	1,010938062	1,004338851	0,984723087
680	1	1,011133908	1,003591325	0,985274767
690	1	1,012874958	1,003404358	0,983720684
700	1	1,012393604	1,005224287	0,982382109



<b>Determinação do Padrão Líquido Virtual</b>			
<b>wl (nm)</b>	<b>Padrão Seco</b>	<b><i>SUC<sup>Medio</sup></i></b>	<b>Padrão Líquido Virtual</b>
400	16,14	0,729	22,15
410	18,14	0,745	24,33
420	19,06	0,753	25,32
430	20,12	0,761	26,44
440	21,57	0,773	27,91
450	22,88	0,782	29,28
460	23,94	0,786	30,46
470	25,13	0,793	31,70
480	26,89	0,803	33,48
490	29,76	0,816	36,47
500	34,66	0,843	41,13
510	40,42	0,869	46,52
520	44,64	0,884	50,47
530	46,35	0,889	52,13
540	45,57	0,882	51,68
550	42,5	0,867	49,03
560	38,08	0,843	45,20
570	34,17	0,821	41,60
580	31,5	0,806	39,09
590	29,68	0,793	37,45
600	28,11	0,781	35,97
610	26,81	0,773	34,70
620	26,04	0,766	33,99
630	25,61	0,764	33,53
640	25,36	0,763	33,23
650	25,63	0,760	33,73
660	26,34	0,763	34,51
670	26,65	0,761	35,00
680	26,28	0,762	34,50
690	25,45	0,755	33,71
700	24,23	0,745	32,51

	Curvas Medidas a Seco			Curvas Preditas a Seco a partir da leitura a Úmido e do Coeficiente <i>SUC<sup>Medio</sup></i>		
wl (nm)	4006 -131490	4006 -139210	4006 -149178	4006 -131490	4006 -139210	4006 -149178
400	15,99	15,74	15,38	15,69	15,68	15,73
410	17,93	17,72	17,32	17,64	17,57	17,77
420	18,86	18,61	18,28	18,54	18,58	18,63
430	19,96	19,72	19,42	19,66	19,68	19,76
440	21,44	21,16	20,91	21,13	21,12	21,26
450	22,79	22,45	22,21	22,47	22,43	22,55
460	23,82	23,40	23,18	23,50	23,41	23,49
470	24,94	24,49	24,23	24,60	24,52	24,55
480	26,66	26,19	25,89	26,28	26,24	26,22
490	29,39	29,07	28,71	29,12	29,06	28,99
500	34,38	34,19	33,79	34,17	34,17	34,03
510	40,20	40,11	39,64	39,92	40,11	39,93
520	44,49	44,36	43,84	44,15	44,35	44,19
530	46,47	46,18	45,62	46,07	46,13	46,07
540	45,64	45,33	44,76	45,26	45,23	45,23
550	42,49	42,17	41,57	42,08	42,06	42,09
560	37,73	37,52	36,93	37,32	37,42	37,43
570	33,75	33,59	32,96	33,37	33,49	33,45
580	31,07	30,95	30,31	30,74	30,82	30,78
590	29,22	29,12	28,48	28,92	28,98	28,93
600	27,61	27,51	26,89	27,29	27,39	27,33
610	26,30	26,23	25,64	25,97	26,11	26,09
620	25,55	25,50	24,95	25,22	25,38	25,40
630	25,12	25,14	24,62	24,83	25,00	25,04
640	24,97	25,02	24,51	24,70	24,90	24,91
650	25,14	25,24	24,75	24,88	25,11	25,14
660	25,89	25,98	25,50	25,59	25,87	25,90
670	26,08	26,20	25,68	25,79	26,09	26,08
680	25,78	25,88	25,34	25,50	25,79	25,71
690	24,95	25,03	24,47	24,64	24,94	24,88
700	23,66	23,73	23,19	23,37	23,60	23,61
			<b>DL</b>	-0,27	-0,06	0,33
			<b>Da</b>	-0,11	-0,10	0,21
			<b>Db</b>	0,10	-0,09	-0,02
			<b>DE</b>	<b>0,31</b>	<b>0,15</b>	<b>0,39</b>

Valores de L* a Úmido			
Lotes	L* Umido	LS	LI
131490	70,77	70,95	70,66
139210	70,83	70,95	70,66
149178	70,80	70,95	70,66
155983	70,96	70,95	70,66
158122	70,74	70,95	70,66
165405	70,76	70,95	70,66
171318	70,77	70,95	70,66
DESVPAD	0,07		
MEDIA	70,80		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
131490	66,11	66,54	65,50
139210	65,96	66,54	65,50
149178	65,54	66,54	65,50
155983	66,30	66,54	65,50
158122	65,99	66,54	65,50
165405	65,97	66,54	65,50
171318	66,29	66,54	65,50
DESVPAD	0,26		
MEDIA	66,02		

Valores de a* a Úmido			
Lotes	a* Umido	LS	LI
131490	-16,84	-16,56	-16,87
139210	-16,76	-16,56	-16,87
149178	-16,62	-16,56	-16,87
155983	-16,71	-16,56	-16,87
158122	-16,64	-16,56	-16,87
165405	-16,76	-16,56	-16,87
171318	-16,66	-16,56	-16,87
DESVPAD	0,08		
MEDIA	-16,71		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
131490	-20,40	-19,83	-20,62
139210	-20,34	-19,83	-20,62
149178	-20,52	-19,83	-20,62
155983	-20,09	-19,83	-20,62
158122	-20,03	-19,83	-20,62
165405	-20,14	-19,83	-20,62
171318	-20,04	-19,83	-20,62
DESVPAD	0,20		
MEDIA	-20,23		

Valores de b* a Úmido			
Lotes	b* Umido	LS	LI
131490	16,75	17,00	16,56
139210	16,91	17,00	16,56
149178	16,72	17,00	16,56
155983	16,61	17,00	16,56
158122	16,72	17,00	16,56
165405	16,89	17,00	16,56
171318	16,87	17,00	16,56
DESVPAD	0,11		
MEDIA	16,78		
Valores de b* a Seco			
Lotes	b* Seco	LS	LI
131490	18,41	18,80	18,27
139210	18,75	18,80	18,27
149178	18,51	18,80	18,27
155983	18,49	18,80	18,27
158122	18,57	18,80	18,27
165405	18,64	18,80	18,27
171318	18,38	18,80	18,27
DESVPAD	0,13		
MEDIA	18,54		

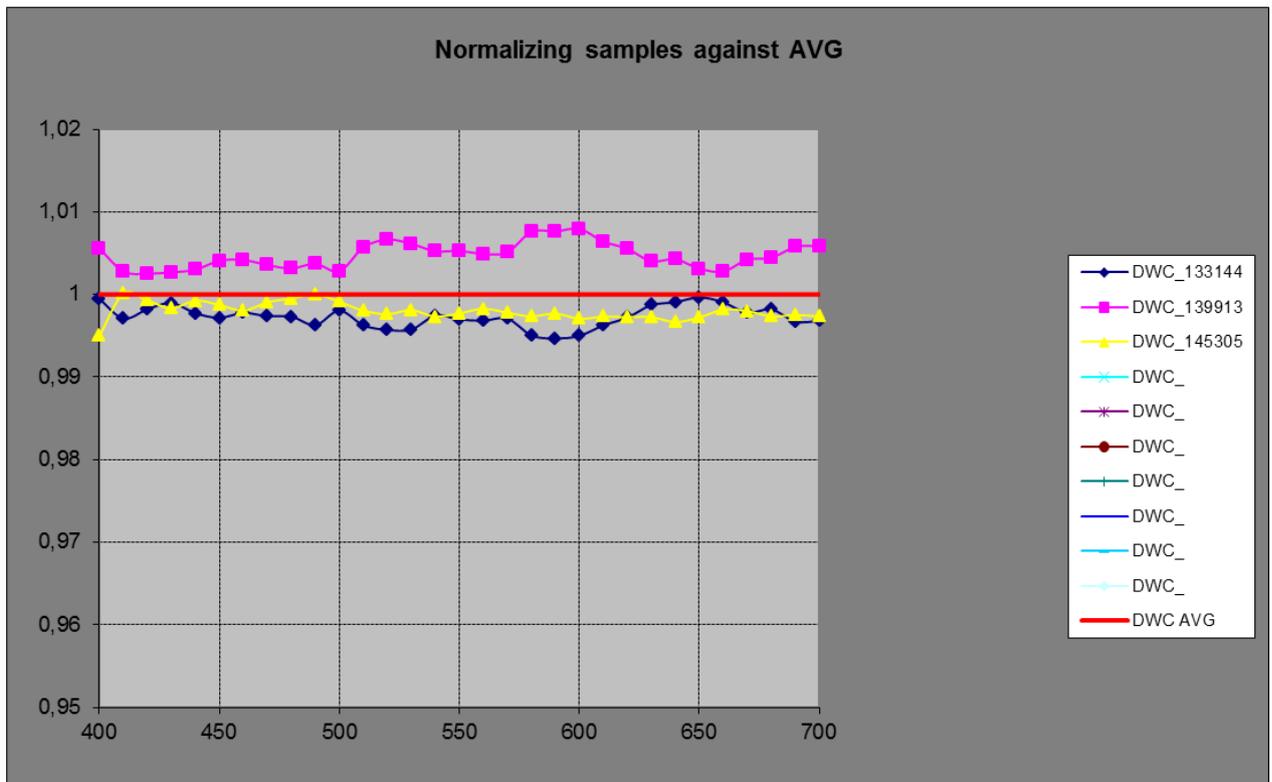
## ANEXO 7

### Cor CC4010 – Marfim – Óleo Esmalte Marfim

Determinação da Relação Seco / Úmido									
wl (nm)	Medida a umido			Medida a Seco			Coeficiente		
	4010 -133144	4010 -139913	4010 -145305	4010-133144	4010-139913	4010-145305	<i>SUC</i> <sup>133144</sup>	<i>SUC</i> <sup>139913</sup>	<i>SUC</i> <sup>145305</sup>
400	36,669	36,525	36,435	31,5716	31,6394	31,2293	0,860988846	0,866239562	0,857123645
410	45,041	44,77	44,466	40,3843	40,3704	39,9891	0,896611976	0,901728836	0,89931858
420	47,016	46,92	46,674	42,5101	42,6066	42,2459	0,904162413	0,908069054	0,905127051
430	47,686	47,721	47,556	43,3630	43,5565	43,2172	0,909344462	0,91273234	0,908764404
440	48,342	48,591	48,4	44,1001	44,5613	44,2202	0,912252286	0,917069005	0,913640496
450	49,009	49,443	49,308	44,8772	45,5877	45,2212	0,915693036	0,922025363	0,917116898
460	49,589	50,114	49,984	45,5383	46,3152	45,9134	0,918314546	0,924196831	0,91856194
470	49,953	50,441	50,266	46,0027	46,7405	46,3688	0,920919664	0,926637061	0,922468468
480	50,224	50,596	50,408	46,3352	46,9516	46,6073	0,922570882	0,927970591	0,924601254
490	50,749	50,895	50,732	46,8126	47,2966	46,9699	0,92243394	0,929297573	0,925843649
500	52,936	52,962	52,754	49,0613	49,3203	48,9452	0,926804065	0,931239379	0,927800735
510	58,401	58,581	58,396	55,3102	56,0052	55,4032	0,947076249	0,956030112	0,948749914
520	64,585	64,934	64,831	62,4961	63,5234	62,8541	0,967656577	0,978276404	0,969506872
530	67,944	68,234	68,231	66,5128	67,4914	66,9505	0,978935594	0,989116863	0,981232871
540	69,124	69,149	69,277	67,6733	68,2273	67,8152	0,979013078	0,986670812	0,978899202
550	69,531	69,028	69,448	67,9391	68,0081	67,9074	0,977105176	0,985224836	0,977816496
560	69,688	68,755	69,332	68,0189	67,6529	67,7700	0,976048961	0,98397062	0,977470721
570	69,836	69,312	69,613	68,1168	68,1486	67,9474	0,975382324	0,983215028	0,976073435
580	70,037	70,73	70,386	68,2832	69,8274	68,7822	0,97495895	0,987238795	0,977214219
590	70,18	71,413	70,786	68,3785	70,4863	69,1789	0,974330294	0,987023371	0,977296358
600	70,239	70,945	70,674	68,5745	70,1651	69,1424	0,976302339	0,989006977	0,978328664
610	70,163	70,303	70,406	68,5806	69,4174	68,8921	0,977446802	0,987403098	0,978497571
620	70,144	69,912	70,26	68,5915	68,9353	68,7089	0,977866959	0,98602958	0,977923427
630	70,024	69,684	70,065	68,6809	68,7103	68,6213	0,980819433	0,986026922	0,979394848
640	69,972	69,455	69,969	68,7424	68,5898	68,5743	0,982427257	0,987543013	0,980066887
650	69,989	69,403	69,938	68,6889	68,3510	68,4725	0,981424224	0,984842154	0,979045726
660	69,934	69,444	69,874	68,7472	68,5215	68,6273	0,983029714	0,986715915	0,982157884
670	69,79	69,651	69,914	68,7388	69,0441	68,8749	0,98493767	0,991286557	0,985137455
680	69,699	70,087	70,068	68,6976	69,5117	69,0021	0,985632505	0,99179163	0,984787635
690	69,745	70,501	70,192	68,5578	69,9294	69,0522	0,982977991	0,991892314	0,983761682
700	69,685	70,646	70,245	68,6428	70,2221	69,2329	0,985044127	0,99399966	0,985591857

<b>Análise Estatística</b>						
<b>wl (nm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite Superior de Controle</b>	<b>Limite Inferior de Controle</b>	<b><i>SUC</i><sup>Medio</sup></b>	<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>STATUS</b>
400	0,004575473	0,870601631	0,852299737	0,861450684	0,53113585	OK
410	0,00255986	0,904339518	0,894100077	0,899219798	0,284675688	OK
420	0,002035016	0,909856205	0,90171614	0,905786173	0,224668511	OK
430	0,002143156	0,914566714	0,90599409	0,910280402	0,235439088	OK
440	0,002479334	0,919279263	0,909361928	0,914320595	0,271166796	OK
450	0,003322117	0,924922666	0,911634198	0,918278432	0,361776655	OK
460	0,003327023	0,927011818	0,913703726	0,920357772	0,36149235	OK
470	0,002957042	0,929255815	0,917427647	0,923341731	0,32025435	OK
480	0,002727382	0,93050234	0,919592811	0,925047576	0,294836978	OK
490	0,003431841	0,932722069	0,918994706	0,925858387	0,370665828	OK
500	0,002327002	0,933268731	0,923960723	0,928614727	0,250588536	OK
510	0,004760499	0,960139757	0,94109776	0,950618758	0,500778994	OK
520	0,005673168	0,98315962	0,960466948	0,971813284	0,5837714	OK
530	0,005339991	0,993775092	0,972415127	0,983095109	0,543181546	OK
540	0,004454432	0,990436562	0,972618833	0,981527697	0,453826433	OK
550	0,004496635	0,989042106	0,971055566	0,980048836	0,458817458	OK
560	0,004223403	0,987610239	0,970716629	0,979163434	0,431327656	OK
570	0,004336497	0,986896589	0,969550602	0,978223596	0,443303233	OK
580	0,006536729	0,992877447	0,96673053	0,979803988	0,667146619	OK
590	0,006639861	0,99282973	0,966270285	0,979550008	0,677848108	OK
600	0,006825689	0,994864038	0,967561282	0,98121266	0,695638105	OK
610	0,005470228	0,992056279	0,970175369	0,981115824	0,55755167	OK
620	0,004696475	0,989999606	0,971213705	0,980606656	0,478935687	OK
630	0,003491222	0,989062845	0,975097957	0,982080401	0,355492472	OK
640	0,003821753	0,990989225	0,975702213	0,983345719	0,388647971	OK
650	0,002913705	0,987598112	0,975943291	0,981770701	0,296780625	OK
660	0,002419498	0,988806833	0,979128842	0,983967838	0,245891937	OK
670	0,003609241	0,994339044	0,979902078	0,987120561	0,365633302	OK
680	0,003823275	0,995050473	0,979757374	0,987403924	0,387204737	OK
690	0,004936032	0,996082727	0,976338598	0,986210662	0,500504845	OK
700	0,00501984	0,998251561	0,978172202	0,988211881	0,507971992	OK

Normalização do <i>SUC<sup>Medio</sup></i>				
wl (nm)	<i>SUC<sup>Medio</sup></i>	<i>SUC<sup>133144</sup></i>	<i>SUC<sup>139913</sup></i>	<i>SUC<sup>145305</sup></i>
400	1	0,999463883	1,005559085	0,994977032
410	1	0,997099906	1,00279024	1,000109854
420	1	0,998207347	1,002520331	0,999272321
430	1	0,998971811	1,002693608	0,998334581
440	1	0,997737873	1,003005958	0,99925617
450	1	0,997184518	1,004080386	0,998735096
460	1	0,997779965	1,004171268	0,998048767
470	1	0,997376847	1,003568917	0,999054236
480	1	0,997322632	1,003159854	0,999517515
490	1	0,996301327	1,003714592	0,999984081
500	1	0,998050148	1,002826417	0,999123435
510	1	0,99627347	1,005692454	0,998034076
520	1	0,99572273	1,006650578	0,997626692
530	1	0,99576896	1,006125301	0,998105739
540	1	0,997438056	1,005239908	0,997322036
550	1	0,996996415	1,00528137	0,997722215
560	1	0,996819251	1,004909483	0,998271266
570	1	0,997095479	1,005102547	0,997801974
580	1	0,995055095	1,007588056	0,997356849
590	1	0,994671314	1,007629384	0,997699301
600	1	0,994995661	1,007943555	0,997060784
610	1	0,996260358	1,006408289	0,997331352
620	1	0,997206121	1,005530173	0,997263706
630	1	0,998716024	1,004018531	0,997265445
640	1	0,999065982	1,004268381	0,996665636
650	1	0,999647089	1,003128483	0,997224428
660	1	0,999046591	1,002792853	0,998160556
670	1	0,997788628	1,004220352	0,997991019
680	1	0,998205984	1,00444368	0,997350336
690	1	0,996722129	1,005761093	0,997516778
700	1	0,996794458	1,00585682	0,997348722



<b>Determinação do Padrão Líquido Virtual</b>			
<b>wl (nm)</b>	<b>Padrão Seco</b>	<b><i>SUC<sup>Medio</sup></i></b>	<b>Padrão Líquido Virtual</b>
400	31,77	0,861	36,88
410	40,74	0,899	45,31
420	42,99	0,906	47,46
430	43,82	0,910	48,14
440	44,50	0,914	48,67
450	45,33	0,918	49,36
460	46,00	0,920	49,98
470	46,49	0,923	50,35
480	46,91	0,925	50,71
490	47,34	0,926	51,13
500	49,63	0,929	53,45
510	55,71	0,951	58,60
520	62,75	0,972	64,57
530	66,59	0,983	67,74
540	68,00	0,982	69,28
550	68,44	0,980	69,84
560	68,68	0,979	70,14
570	68,85	0,978	70,38
580	68,90	0,980	70,32
590	68,85	0,980	70,29
600	68,93	0,981	70,25
610	68,80	0,981	70,13
620	68,68	0,981	70,03
630	68,66	0,982	69,91
640	68,68	0,983	69,84
650	68,64	0,982	69,91
660	68,70	0,984	69,82
670	68,73	0,987	69,63
680	68,77	0,987	69,65
690	68,64	0,986	69,60
700	68,71	0,988	69,53

	Curvas Medidas a Seco			Curvas Preditas a Seco a partir da leitura a Úmido e do Coeficiente <i>SUC<sup>Medio</sup></i>		
wl (nm)	4010-133144	4010-139913	4010-145305	4010-133144	4010-139913	4010-145305
400	31,57	31,64	31,23	31,59	31,46	31,39
410	40,38	40,37	39,99	40,50	40,26	39,98
420	42,51	42,61	42,25	42,59	42,50	42,28
430	43,36	43,56	43,22	43,41	43,44	43,29
440	44,10	44,56	44,22	44,20	44,43	44,25
450	44,88	45,59	45,22	45,00	45,40	45,28
460	45,54	46,32	45,91	45,64	46,12	46,00
470	46,00	46,74	46,37	46,12	46,57	46,41
480	46,34	46,95	46,61	46,46	46,80	46,63
490	46,81	47,30	46,97	46,99	47,12	46,97
500	49,06	49,32	48,95	49,16	49,18	48,99
510	55,31	56,01	55,40	55,52	55,69	55,51
520	62,50	63,52	62,85	62,76	63,10	63,00
530	66,51	67,49	66,95	66,80	67,08	67,08
540	67,67	68,23	67,82	67,85	67,87	68,00
550	67,94	68,01	67,91	68,14	67,65	68,06
560	68,02	67,65	67,77	68,24	67,32	67,89
570	68,12	68,15	67,95	68,32	67,80	68,10
580	68,28	69,83	68,78	68,62	69,30	68,96
590	68,38	70,49	69,18	68,74	69,95	69,34
600	68,57	70,17	69,14	68,92	69,61	69,35
610	68,58	69,42	68,89	68,84	68,98	69,08
620	68,59	68,94	68,71	68,78	68,56	68,90
630	68,68	68,71	68,62	68,77	68,44	68,81
640	68,74	68,59	68,57	68,81	68,30	68,80
650	68,69	68,35	68,47	68,71	68,14	68,66
660	68,75	68,52	68,63	68,81	68,33	68,75
670	68,74	69,04	68,87	68,89	68,75	69,01
680	68,70	69,51	69,00	68,82	69,20	69,19
690	68,56	69,93	69,05	68,78	69,53	69,22
700	68,64	70,22	69,23	68,86	69,81	69,42
			<b>DL</b>	0,12	-0,19	0,07
			<b>Da</b>	-0,02	0,00	0,02
			<b>Db</b>	0,08	-0,14	0,07
			<b>DE</b>	<b>0,14</b>	<b>0,24</b>	<b>0,10</b>

Valores de L* a Úmido			
Lotes	L* Umido	LS	LI
133144	84,88	85,04	84,85
139913	84,91	85,04	84,85
145305	84,93	85,04	84,85
150078	84,96	85,04	84,85
155329	85,02	85,04	84,85
157068	84,93	85,04	84,85
164448	84,98	85,04	84,85
DESVPAD	0,05		
MEDIA	84,95		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
133144	83,81	84,43	83,52
139913	84,14	84,43	83,52
145305	83,90	84,43	83,52
150078	83,62	84,43	83,52
155329	84,18	84,43	83,52
157068	83,93	84,43	83,52
164448	84,25	84,43	83,52
DESVPAD	0,23		
MEDIA	83,98		

Valores de a* a Úmido			
Lotes	a* Umido	LS	LI
133144	-0,02	0,23	-0,07
139913	0,10	0,23	-0,07
145305	0,08	0,23	-0,07
150078	0,12	0,23	-0,07
155329	0,21	0,23	-0,07
157068	0,06	0,23	-0,07
164448	0,01	0,23	-0,07
DESVPAD	0,08		
MEDIA	0,08		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
133144	-0,08	0,12	-0,34
139913	0,03	0,12	-0,34
145305	-0,03	0,12	-0,34
150078	-0,20	0,12	-0,34
155329	-0,04	0,12	-0,34
157068	-0,16	0,12	-0,34
164448	-0,30	0,12	-0,34
DESVPAD	0,11		
MEDIA	-0,11		

Valores de b* a Úmido			
Lotes	b* Umido	LS	LI
133144	16,13	16,24	15,88
139913	15,88	16,24	15,88
145305	16,09	16,24	15,88
150078	16,01	16,24	15,88
155329	16,11	16,24	15,88
157068	16,08	16,24	15,88
164448	16,12	16,24	15,88
DESVPAD	0,09		
MEDIA	16,06		
Valores de b* a Seco			
Lotes	b* Seco	LS	LI
133144	18,83	19,07	18,66
139913	18,80	19,07	18,66
145305	18,80	19,07	18,66
150078	18,86	19,07	18,66
155329	19,04	19,07	18,66
157068	18,76	19,07	18,66
164448	18,98	19,07	18,66
DESVPAD	0,10		
MEDIA	18,87		

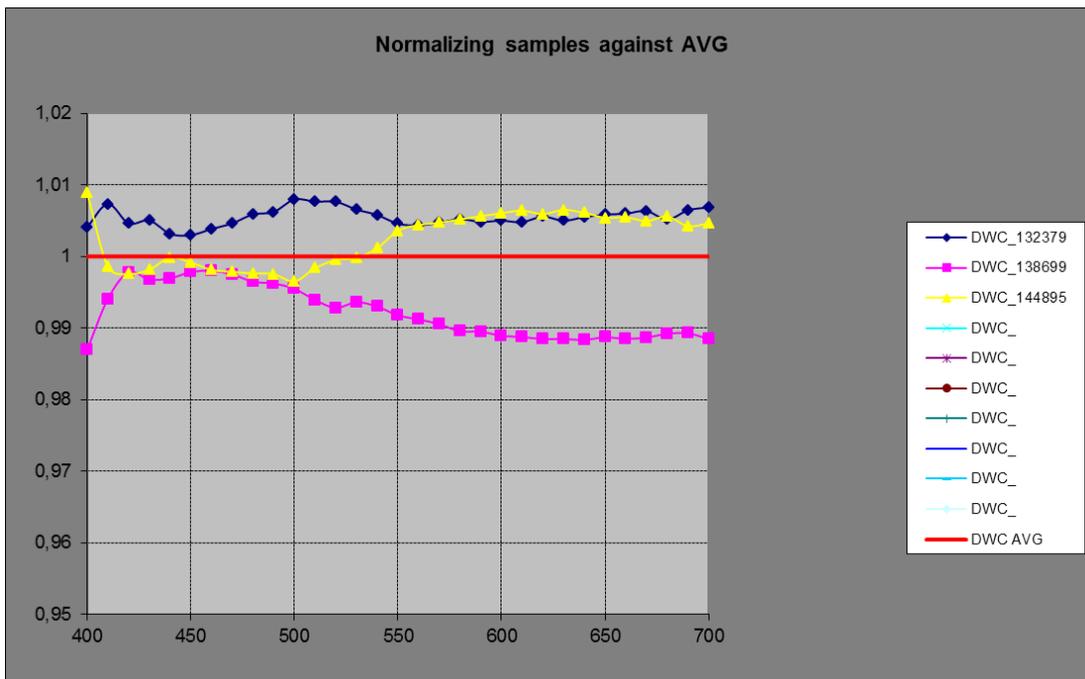
## ANEXO 8

### Cor CC4010 – Azul – Óleo Esmalte Azul

Determinação da Relação Seco / Úmido									
wl (nm)	Medida a umido			Medida a Seco			Coeficiente		
	4022-132379	4022-138699	4022-144895	4022-132379	4022-138699	4022-144895	SUC <sup>132379</sup>	SUC <sup>138699</sup>	SUC <sup>144895</sup>
400	38,609	39,201	38,796	32,3916	32,3269	32,7028	0,838965008	0,824644779	0,842942571
410	50,533	50,974	50,514	44,7729	44,5700	44,3661	0,8860131	0,874367325	0,878293146
420	54,64	54,883	54,58	48,9912	48,8740	48,5920	0,896617862	0,890512545	0,890289483
430	56,676	57,1	56,65	51,5672	51,5256	51,1907	0,909859553	0,902374781	0,903631068
440	58,966	59,435	58,808	54,2551	54,3476	53,9313	0,920108198	0,914403971	0,917074208
450	60,55	60,97	60,308	56,3118	56,4110	55,8735	0,930004955	0,925225521	0,926469125
460	61,203	61,497	60,917	57,3506	57,2899	56,7574	0,937055373	0,931588533	0,931716926
470	61,489	61,728	61,165	58,0116	57,8229	57,3164	0,943446795	0,936736975	0,937078395
480	61,514	61,792	61,231	58,3928	58,1076	57,6468	0,949260331	0,940374158	0,941464291
490	61,509	61,737	61,23	58,5757	58,2092	57,8071	0,952311044	0,942857606	0,944097665
500	61,381	61,645	61,228	58,6611	58,1826	57,8495	0,955688242	0,943833239	0,944820997
510	60,978	61,177	60,866	58,1853	57,5795	57,5439	0,954201515	0,94119522	0,945419446
520	59,733	59,971	59,724	56,6672	56,0560	56,2014	0,948674937	0,934718447	0,941018686
530	57,712	57,949	57,705	54,1308	53,6541	53,7608	0,937947047	0,92588483	0,931648904
540	54,896	55,145	54,853	50,7614	50,3426	50,4887	0,924683037	0,912913229	0,920436439
550	51,388	51,619	51,308	46,6336	46,2465	46,5152	0,907480346	0,895920107	0,906587667
560	47,386	47,603	47,32	42,0258	41,6657	41,9691	0,886882201	0,875274668	0,886920964
570	44,097	44,347	44,024	38,3895	38,0623	38,3258	0,870569426	0,858283537	0,870566055
580	41,903	42,178	41,836	36,0013	35,6728	35,9428	0,859158056	0,845767936	0,859135673
590	40,402	40,697	40,326	34,2727	33,9961	34,2354	0,848292164	0,835346586	0,848965928
600	38,918	39,255	38,872	32,6513	32,4067	32,6470	0,838976823	0,825543243	0,839859024
610	37,702	38,05	37,686	31,2796	31,0641	31,3160	0,829653599	0,816402102	0,830971714
620	37,002	37,377	37,017	30,5102	30,2945	30,5333	0,824555429	0,810511812	0,824845341
630	36,563	36,95	36,607	30,0428	29,8617	30,1241	0,821672182	0,808165088	0,822905455
640	36,414	36,799	36,437	29,9548	29,7542	29,9910	0,822617675	0,808560015	0,823091912
650	36,827	37,209	36,88	30,1642	29,9578	30,1938	0,819078394	0,805122417	0,818703905
660	37,643	38,075	37,701	30,9262	30,7370	30,9587	0,821565763	0,807275115	0,821163895
670	37,991	38,433	38,038	31,1629	30,9716	31,1577	0,82027059	0,805859548	0,819120353
680	37,593	38,008	37,585	30,7961	30,6420	30,8030	0,819197723	0,806198695	0,819555674
690	36,762	37,189	36,779	29,8837	29,7147	29,8314	0,812896469	0,799018527	0,811098725
700	35,391	35,808	35,422	28,4513	28,2601	28,4133	0,803913424	0,789211908	0,80213709

<b>Análise Estatística</b>						
<b>wl (nm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite Superior de Controle</b>	<b>Limite Inferior de Controle</b>	<b><i>SUC</i><sup>Medio</sup></b>	<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>STATUS</b>
400	0,009623748	0,854764949	0,816269957	0,835517453	1,151830871	OK
410	0,005925002	0,89140786	0,867707854	0,879557857	0,673634089	OK
420	0,003591031	0,89965536	0,885291234	0,892473297	0,402368499	OK
430	0,004008202	0,91330487	0,897272064	0,905288467	0,442754078	OK
440	0,002854046	0,922903551	0,911487367	0,917195459	0,311170967	OK
450	0,002479638	0,932192476	0,922273924	0,9272332	0,267423347	OK
460	0,003119878	0,939693367	0,927213854	0,933453611	0,334229599	OK
470	0,003779215	0,946645818	0,931528959	0,939087388	0,402434831	OK
480	0,004846488	0,95339257	0,934006617	0,943699593	0,51356261	OK
490	0,005137523	0,95669715	0,936147059	0,946422105	0,542836304	OK
500	0,006577915	0,961269989	0,934958329	0,948114159	0,693789348	OK
510	0,006634914	0,960208556	0,933668899	0,946938727	0,700669868	OK
520	0,006989215	0,955449121	0,927492259	0,94147069	0,742372057	OK
530	0,006033079	0,943893085	0,919760769	0,931826927	0,647446309	OK
540	0,005960434	0,931265104	0,907423366	0,919344235	0,648335438	OK
550	0,006432118	0,916193608	0,890465138	0,903329373	0,712045665	OK
560	0,00671283	0,896451605	0,869600283	0,883025944	0,760207617	OK
570	0,007092289	0,880657583	0,852288429	0,866473006	0,818523907	OK
580	0,007724336	0,870135893	0,83923855	0,854687221	0,903761715	OK
590	0,007676028	0,859553615	0,828849503	0,844201559	0,90926483	OK
600	0,008022686	0,850838402	0,818747658	0,83479303	0,961038947	OK
610	0,008058258	0,841792322	0,809559289	0,825675805	0,975959118	OK
620	0,008193059	0,836356979	0,803584743	0,819970861	0,999189048	OK
630	0,008177622	0,833936152	0,801225665	0,817580908	1,000221713	OK
640	0,0082565	0,834602866	0,801576868	0,818089867	1,00924115	OK
650	0,007951586	0,830204744	0,798398399	0,814301572	0,976491584	OK
660	0,008137181	0,83294262	0,800393895	0,816668257	0,996387605	OK
670	0,008008851	0,831101199	0,799065795	0,815083497	0,982580429	OK
680	0,007610429	0,830204888	0,799763173	0,814984031	0,933813216	OK
690	0,007547189	0,822765618	0,792576863	0,80767124	0,934438213	OK
700	0,008024445	0,814469697	0,782371918	0,798420807	1,005039527	OK

Normalização do $SUC^{Medio}$				
wl (nm)	$SUC^{Medio}$	$SUC^{132379}$	$SUC^{138699}$	$SUC^{144895}$
400	1	1,004126252	0,986986898	1,00888685
410	1	1,007339191	0,994098702	0,998562106
420	1	1,00464391	0,997803013	0,997553077
430	1	1,005049314	0,996781483	0,998169203
440	1	1,003175702	0,996956496	0,999867802
450	1	1,002989274	0,997834763	0,999175962
460	1	1,003858534	0,99800196	0,998139506
470	1	1,004642174	0,99749713	0,997860696
480	1	1,005892487	0,996476172	0,997631341
490	1	1,006222318	0,996233711	0,997543971
500	1	1,007988577	0,995484805	0,996526618
510	1	1,007669755	0,993934658	0,998395587
520	1	1,00765212	0,992827984	0,999519896
530	1	1,006567872	0,993623175	0,999808953
540	1	1,005807185	0,99300479	1,001188025
550	1	1,004595193	0,991797824	1,003606983
560	1	1,004367094	0,991221915	1,004410991
570	1	1,004727695	0,9905485	1,004723804
580	1	1,005230959	0,98956427	1,005204771
590	1	1,004845531	0,98951083	1,005643639
600	1	1,005011773	0,988919664	1,006068563
610	1	1,004817622	0,988768349	1,006414029
620	1	1,005591136	0,988464165	1,0059447
630	1	1,005004121	0,988483317	1,006512562
640	1	1,005534609	0,988351094	1,006114297
650	1	1,005866158	0,988727573	1,005406269
660	1	1,005996933	0,988498215	1,005504851
670	1	1,00636388	0,98868343	1,00495269
680	1	1,005170276	0,989220236	1,005609488
690	1	1,0064695	0,989286837	1,004243663
700	1	1,006879351	0,988466108	1,004654541



<b>Determinação do Padrão Líquido Virtual</b>			
<b>wl (nm)</b>	<b>Padrão Seco</b>	<b><i>SUC<sup>Medio</sup></i></b>	<b>Padrão Líquido Virtual</b>
400	31,99	0,836	38,29
410	43,41	0,880	49,35
420	47,85	0,892	53,61
430	50,85	0,905	56,16
440	54,15	0,917	59,03
450	56,61	0,927	61,06
460	57,79	0,933	61,91
470	58,44	0,939	62,23
480	58,77	0,944	62,28
490	58,80	0,946	62,12
500	58,66	0,948	61,87
510	57,95	0,947	61,20
520	56,13	0,941	59,62
530	53,46	0,932	57,38
540	50,35	0,919	54,77
550	46,53	0,903	51,51
560	41,87	0,883	47,41
570	38,12	0,866	43,99
580	35,74	0,855	41,82
590	34,14	0,844	40,44
600	32,64	0,835	39,10
610	31,26	0,826	37,86
620	30,42	0,820	37,10
630	29,95	0,818	36,64
640	29,93	0,818	36,58
650	30,26	0,814	37,16
660	31,20	0,817	38,20
670	31,45	0,815	38,59
680	31,14	0,815	38,21
690	30,22	0,808	37,42
700	28,78	0,798	36,05

	Curvas Medidas a Seco			Curvas Preditas a Seco a partir da leitura a Úmido e do Coeficiente <i>SUC<sup>Medio</sup></i>		
wl (nm)	4022-132379	4022-138699	4022-144895	4022-132379	4022-138699	4022-144895
400	32,39	32,33	32,70	32,26	32,75	32,41
410	44,77	44,57	44,37	44,45	44,83	44,43
420	48,99	48,87	48,59	48,76	48,98	48,71
430	51,57	51,53	51,19	51,31	51,69	51,28
440	54,26	54,35	53,93	54,08	54,51	53,94
450	56,31	56,41	55,87	56,14	56,53	55,92
460	57,35	57,29	56,76	57,13	57,40	56,86
470	58,01	57,82	57,32	57,74	57,97	57,44
480	58,39	58,11	57,65	58,05	58,31	57,78
490	58,58	58,21	57,81	58,21	58,43	57,95
500	58,66	58,18	57,85	58,20	58,45	58,05
510	58,19	57,58	57,54	57,74	57,93	57,64
520	56,67	56,06	56,20	56,24	56,46	56,23
530	54,13	53,65	53,76	53,78	54,00	53,77
540	50,76	50,34	50,49	50,47	50,70	50,43
550	46,63	46,25	46,52	46,42	46,63	46,35
560	42,03	41,67	41,97	41,84	42,03	41,78
570	38,39	38,06	38,33	38,21	38,43	38,15
580	36,00	35,67	35,94	35,81	36,05	35,76
590	34,27	34,00	34,24	34,11	34,36	34,04
600	32,65	32,41	32,65	32,49	32,77	32,45
610	31,28	31,06	31,32	31,13	31,42	31,12
620	30,51	30,29	30,53	30,34	30,65	30,35
630	30,04	29,86	30,12	29,89	30,21	29,93
640	29,95	29,75	29,99	29,79	30,10	29,81
650	30,16	29,96	30,19	29,99	30,30	30,03
660	30,93	30,74	30,96	30,74	31,09	30,79
670	31,16	30,97	31,16	30,97	31,33	31,00
680	30,80	30,64	30,80	30,64	30,98	30,63
690	29,88	29,71	29,83	29,69	30,04	29,71
700	28,45	28,26	28,41	28,26	28,59	28,28
			<b>DL</b>	-0,17	0,22	-0,05
			<b>Da</b>	0,14	0,03	-0,16
			<b>Db</b>	-0,06	0,23	-0,17
			<b>DE</b>	<b>0,23</b>	<b>0,32</b>	<b>0,24</b>

Valores de L* a Úmido			
Lotes	L* Umido	LS	LI
132379	76,19	76,58	76,04
138699	76,35	76,58	76,04
144895	76,14	76,58	76,04
150985	76,27	76,58	76,04
157070	76,50	76,58	76,04
158699	76,43	76,58	76,04
168294	76,43	76,58	76,04
DESVPAD	0,13		
MEDIA	76,31		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
132379	73,19	73,48	72,67
138699	72,95	73,48	72,67
144895	73,03	73,48	72,67
150985	72,81	73,48	72,67
157070	73,09	73,48	72,67
158699	73,37	73,48	72,67
168294	73,33	73,48	72,67
DESVPAD	0,20		
MEDIA	73,07		

Valores de a* a Úmido			
Lotes	a* Umido	LS	LI
132379	-12,79	-12,57	-12,96
138699	-12,61	-12,57	-12,96
144895	-12,77	-12,57	-12,96
150985	-12,89	-12,57	-12,96
157070	-12,66	-12,57	-12,96
158699	-12,79	-12,57	-12,96
168294	-12,83	-12,57	-12,96
DESVPAD	0,10		
MEDIA	-12,76		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
132379	-16,29	-15,83	-16,45
138699	-16,01	-15,83	-16,45
144895	-15,97	-15,83	-16,45
150985	-16,39	-15,83	-16,45
157070	-16,14	-15,83	-16,45
158699	-16,15	-15,83	-16,45
168294	-16,02	-15,83	-16,45
DESVPAD	0,16		
MEDIA	-16,14		

Valores de b* a Úmido			
Lotes	b* Umido	LS	LI
132379	-9,14	-8,98	-9,45
138699	-9,18	-8,98	-9,45
144895	-9,03	-8,98	-9,45
150985	-9,32	-8,98	-9,45
157070	-9,27	-8,98	-9,45
158699	-9,35	-8,98	-9,45
168294	-9,28	-8,98	-9,45
DESVPAD	0,12		
MEDIA	-9,22		
Valores de b* a Seco			
Lotes	b* Seco	LS	LI
132379	-10,20	-9,80	-10,76
138699	-10,54	-9,80	-10,76
144895	-9,98	-9,80	-10,76
150985	-10,34	-9,80	-10,76
157070	-10,25	-9,80	-10,76
158699	-10,36	-9,80	-10,76
168294	-10,72	-9,80	-10,76
DESVPAD	0,24		
MEDIA	-10,28		

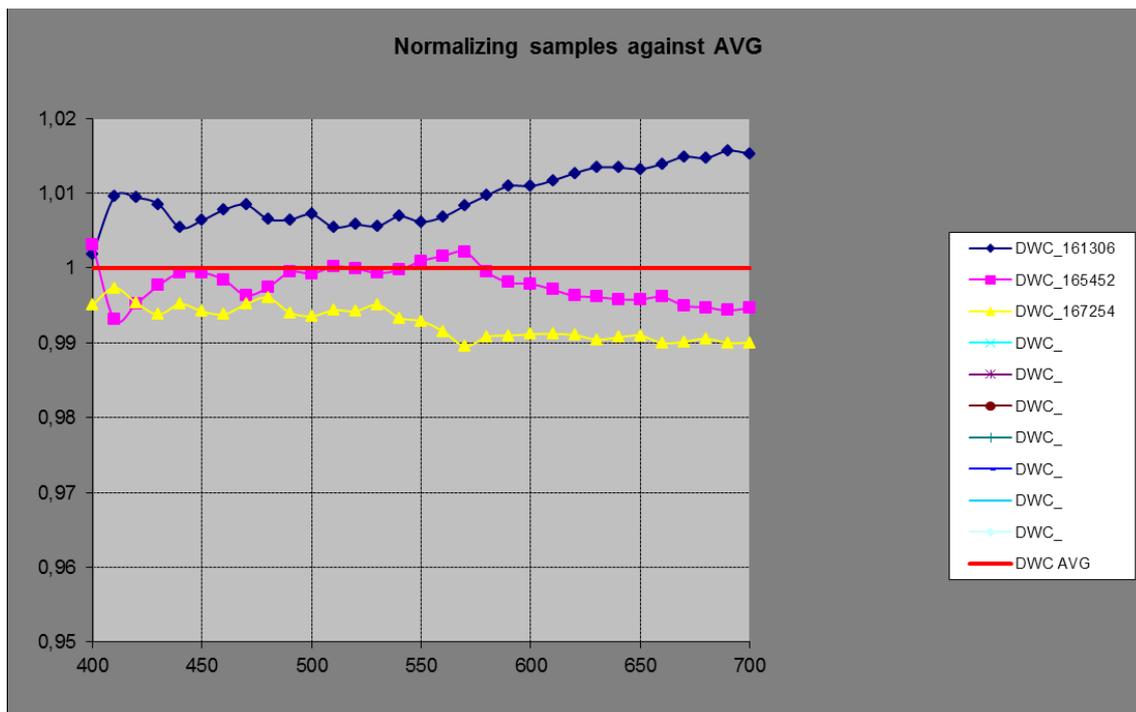
## ANEXO 9

### Cor CC4010 – Vermelho– Óleo Esmalte Vermelho

Determinação da Relação Seco / Úmido									
	Medida a umido			Medida a Seco			Coeficiente		
wl (nm)	4040-161306	4040-165452	4040-167254	4040-161306	4040-165452	4040-167254	<i>SUC</i> <sup>161306</sup>	<i>SUC</i> <sup>165452</sup>	<i>SUC</i> <sup>167254</sup>
400	10,367	10,261	10,392	5,7406	5,6892	5,7160	0,553737822	0,554448884	0,550038491
410	10,301	10,37	10,363	5,8123	5,7560	5,7768	0,56424619	0,555062681	0,557444755
420	10,331	10,372	10,42	5,8125	5,7538	5,7808	0,562627045	0,55474354	0,554779271
430	10,399	10,419	10,511	5,8318	5,7799	5,8084	0,560803923	0,554746137	0,552602036
440	10,516	10,493	10,591	5,8598	5,8122	5,8417	0,557227083	0,553912132	0,55157209
450	10,556	10,531	10,639	5,8918	5,8372	5,8664	0,558147025	0,554287342	0,551405207
460	10,564	10,556	10,66	5,9087	5,8493	5,8797	0,55932412	0,554120879	0,551566604
470	10,572	10,578	10,662	5,9156	5,8480	5,8874	0,559553538	0,552845528	0,552185331
480	10,625	10,604	10,689	5,9452	5,8795	5,9186	0,559548235	0,554460581	0,553709421
490	10,742	10,711	10,824	6,0866	6,0269	6,0574	0,566617017	0,562683223	0,559626755
500	11,222	11,202	11,304	6,3958	6,3342	6,3555	0,569934058	0,565452598	0,562234607
510	12,296	12,242	12,37	7,2917	7,2218	7,2548	0,593013988	0,589919948	0,586483428
520	13,257	13,178	13,331	8,1111	8,0159	8,0625	0,611835257	0,60827895	0,604793339
530	13,661	13,562	13,715	8,3854	8,2728	8,3307	0,613820365	0,609998525	0,607415239
540	13,831	13,734	13,895	8,5882	8,4674	8,5117	0,620938472	0,616528324	0,612572868
550	14,194	14,059	14,198	8,8966	8,7663	8,7818	0,626785966	0,623536525	0,618523736
560	15,003	14,842	14,945	9,5092	9,3583	9,3285	0,633819903	0,630528231	0,624188692
570	16,52	16,285	16,427	10,8132	10,5940	10,5519	0,654552058	0,650537304	0,642351007
580	18,575	18,214	18,506	12,6621	12,2900	12,3791	0,681674293	0,674755682	0,668923592
590	20,483	19,962	20,465	14,4474	13,9003	14,1493	0,705336132	0,696338042	0,691390178
600	21,753	21,091	21,74	15,5825	14,9128	15,2681	0,716337976	0,707069366	0,702304508
610	22,407	21,676	22,392	16,1245	15,3740	15,7875	0,719618869	0,709263702	0,705050911
620	22,685	21,938	22,688	16,3485	15,5539	16,0016	0,720674454	0,708993527	0,70528914
630	22,799	22,022	22,817	16,4816	15,6481	16,1203	0,7229089	0,710566706	0,706503923
640	22,869	22,067	22,862	16,5385	15,6812	16,1634	0,723184223	0,710617664	0,706998513
650	22,979	22,154	22,952	16,5475	15,6790	16,1651	0,720114017	0,707727724	0,704300279
660	23,049	22,203	23,037	16,6182	15,7277	16,2173	0,720994403	0,708359231	0,70396753
670	23,125	22,29	23,11	16,7390	15,8183	16,3208	0,723848649	0,70965904	0,706222415
680	23,277	22,398	23,237	16,8186	15,8653	16,3905	0,722541565	0,708335566	0,705362138
690	23,377	22,492	23,361	16,8827	15,9021	16,4442	0,722192754	0,707011382	0,703916784
700	23,508	22,565	23,468	17,0004	15,9875	16,5495	0,723175089	0,708508752	0,705194307

<b>Análise Estatística</b>						
<b>wl (nm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Limite Superior de Controle</b>	<b>Limite Inferior de Controle</b>	<b><i>SUC</i><sup>Medio</sup></b>	<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>STATUS</b>
400	0,002367918	0,557477569	0,548005896	0,552741732	0,428395074	OK
410	0,004765687	0,568449249	0,549386502	0,558917875	0,852663155	OK
420	0,004541264	0,566465814	0,548300757	0,557383285	0,814747097	OK
430	0,004253722	0,564558143	0,547543255	0,556050699	0,76498816	OK
440	0,002841468	0,559920037	0,548554165	0,554237101	0,512680943	OK
450	0,0033827	0,561378592	0,547847791	0,554613192	0,609920635	OK
460	0,003953418	0,562910703	0,547097032	0,555003868	0,712322591	OK
470	0,004076839	0,563015144	0,546707787	0,554861466	0,734749055	OK
480	0,003176482	0,562259043	0,549553115	0,555906079	0,57140621	OK
490	0,003504295	0,569984255	0,555967075	0,562975665	0,622459384	OK
500	0,003866965	0,573607684	0,558139825	0,565873754	0,683361726	OK
510	0,003266777	0,596339341	0,583272235	0,589805788	0,553873284	OK
520	0,003521018	0,615344551	0,601260479	0,608302515	0,578826828	OK
530	0,003222459	0,616856295	0,603966458	0,610411376	0,527915982	OK
540	0,004184861	0,625049609	0,608310166	0,616679888	0,678611522	OK
550	0,004162358	0,631273459	0,614624025	0,622948742	0,668170299	OK
560	0,004895322	0,63930292	0,619721631	0,629512275	0,777637296	OK
570	0,006218244	0,661583278	0,636710302	0,64914679	0,957910283	OK
580	0,006383061	0,687883979	0,662351733	0,675117856	0,945473631	OK
590	0,007070321	0,711828759	0,683547476	0,697688118	1,01339275	OK
600	0,007136167	0,72284295	0,694298283	0,708570617	1,007121453	OK
610	0,007496694	0,726304548	0,696317773	0,711311161	1,053926061	OK
620	0,008029886	0,727712147	0,695592601	0,711652374	1,128343948	OK
630	0,008543606	0,730413721	0,696239297	0,713326509	1,197713233	OK
640	0,008495037	0,730590207	0,69661006	0,713600133	1,190447728	OK
650	0,008319074	0,727352155	0,694075859	0,710714007	1,170523437	OK
660	0,008839768	0,728786591	0,693427518	0,711107055	1,243099493	OK
670	0,009343799	0,731930966	0,694555769	0,713243368	1,310043637	OK
680	0,009181361	0,730442479	0,693717033	0,712079756	1,289372614	OK
690	0,009781459	0,730603224	0,691477389	0,711040307	1,375654632	OK
700	0,009569008	0,731430733	0,6931547	0,712292716	1,343409531	OK

Normalização do $SUC^{Medio}$				
wl (nm)	$SUC^{Medio}$	$SUC^{161306}$	$SUC^{165452}$	$SUC^{167254}$
400	1	1,001802089	1,003088516	0,995109395
410	1	1,009533269	0,993102395	0,997364336
420	1	1,009407816	0,99526404	0,995328144
430	1	1,008548186	0,99765388	0,993797935
440	1	1,005394769	0,999413664	0,995191567
450	1	1,006371709	0,999412474	0,994215817
460	1	1,007784184	0,998409041	0,993806776
470	1	1,008456294	0,996366774	0,995176932
480	1	1,006551747	0,997399744	0,996048509
490	1	1,006468045	0,999480542	0,994051413
500	1	1,007175282	0,999255741	0,993568977
510	1	1,005439418	1,000193555	0,994367027
520	1	1,005807541	0,99996126	0,994231199
530	1	1,005584739	0,999323651	0,995091609
540	1	1,006905663	0,999754226	0,993340111
550	1	1,006159775	1,000943549	0,992896677
560	1	1,006842802	1,001613877	0,991543321
570	1	1,008326727	1,002142065	0,989531208
580	1	1,009711545	0,99946354	0,990824915
590	1	1,010961939	0,99806493	0,990973131
600	1	1,010962012	0,997881297	0,991156691
610	1	1,011679429	0,997121571	0,991199
620	1	1,012677651	0,996263841	0,991058508
630	1	1,013433386	0,99613108	0,990435534
640	1	1,013430616	0,995820532	0,990748852
650	1	1,013226151	0,995798194	0,990975656
660	1	1,013904163	0,99613585	0,989959987
670	1	1,014869092	0,994974608	0,990156301
680	1	1,014691906	0,994741895	0,9905662
690	1	1,01568469	0,99433376	0,989981549
700	1	1,015277951	0,994687628	0,990034421



<b>Determinação do Padrão Líquido Virtual</b>			
<b>wl (nm)</b>	<b>Padrão Seco</b>	<b><i>SUC<sup>Medio</sup></i></b>	<b>Padrão Líquido Virtual</b>
400	5,73	0,553	10,36
410	5,77	0,559	10,33
420	5,74	0,557	10,30
430	5,74	0,556	10,32
440	5,75	0,554	10,38
450	5,76	0,555	10,39
460	5,78	0,555	10,41
470	5,80	0,555	10,46
480	5,86	0,556	10,53
490	6,01	0,563	10,67
500	6,30	0,566	11,13
510	7,06	0,590	11,96
520	7,78	0,608	12,79
530	8,07	0,610	13,23
540	8,33	0,617	13,51
550	8,62	0,623	13,84
560	9,36	0,630	14,87
570	10,61	0,649	16,35
580	12,29	0,675	18,21
590	13,90	0,698	19,93
600	14,96	0,709	21,11
610	15,48	0,711	21,77
620	15,70	0,712	22,07
630	15,83	0,713	22,19
640	15,87	0,714	22,24
650	15,85	0,711	22,31
660	15,87	0,711	22,32
670	15,93	0,713	22,33
680	15,94	0,712	22,39
690	15,97	0,711	22,46
700	16,07	0,712	22,56

	Curvas Medidas a Seco			Curvas Preditas a Seco a partir da leitura a Úmido e do Coeficiente <i>SUC<sup>Medio</sup></i>		
wl (nm)	4040-161306	4040-165452	4040-167254	4040-161306	4040-165452	4040-167254
400	5,74	5,69	5,72	5,73	5,67	5,74
410	5,81	5,76	5,78	5,76	5,80	5,79
420	5,81	5,75	5,78	5,76	5,78	5,81
430	5,83	5,78	5,81	5,78	5,79	5,84
440	5,86	5,81	5,84	5,83	5,82	5,87
450	5,89	5,84	5,87	5,85	5,84	5,90
460	5,91	5,85	5,88	5,86	5,86	5,92
470	5,92	5,85	5,89	5,87	5,87	5,92
480	5,95	5,88	5,92	5,91	5,89	5,94
490	6,09	6,03	6,06	6,05	6,03	6,09
500	6,40	6,33	6,36	6,35	6,34	6,40
510	7,29	7,22	7,25	7,25	7,22	7,30
520	8,11	8,02	8,06	8,06	8,02	8,11
530	8,39	8,27	8,33	8,34	8,28	8,37
540	8,59	8,47	8,51	8,53	8,47	8,57
550	8,90	8,77	8,78	8,84	8,76	8,84
560	9,51	9,36	9,33	9,44	9,34	9,41
570	10,81	10,59	10,55	10,72	10,57	10,66
580	12,66	12,29	12,38	12,54	12,30	12,49
590	14,45	13,90	14,15	14,29	13,93	14,28
600	15,58	14,91	15,27	15,41	14,94	15,40
610	16,12	15,37	15,79	15,94	15,42	15,93
620	16,35	15,55	16,00	16,14	15,61	16,15
630	16,48	15,65	16,12	16,26	15,71	16,28
640	16,54	15,68	16,16	16,32	15,75	16,31
650	16,55	15,68	16,17	16,33	15,75	16,31
660	16,62	15,73	16,22	16,39	15,79	16,38
670	16,74	15,82	16,32	16,49	15,90	16,48
680	16,82	15,87	16,39	16,58	15,95	16,55
690	16,88	15,90	16,44	16,62	15,99	16,61
700	17,00	15,99	16,55	16,74	16,07	16,72
			<b>DL</b>	-0,16	0,02	0,14
			<b>Da</b>	-0,17	0,08	0,08
			<b>Db</b>	-0,09	-0,02	0,11
			<b>DE</b>	<b>0,24</b>	<b>0,09</b>	<b>0,20</b>

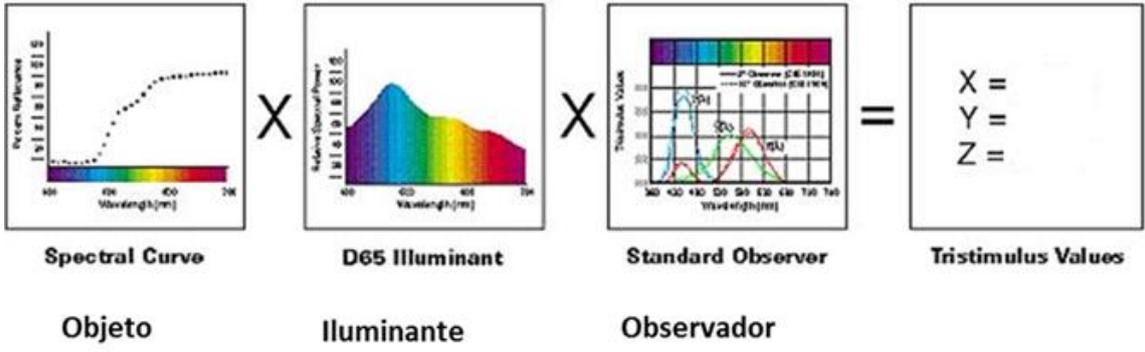
Valores de L* a Úmido			
Lotes	L* Umido	LS	LI
161306	46,67	46,82	46,04
165452	46,33	46,82	46,04
167254	46,69	46,82	46,04
168201	46,24	46,82	46,04
169178	46,33	46,82	46,04
173254	46,33	46,82	46,04
DESVPAD	0,20		
MEDIA	46,43		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
161306	38,36	38,50	37,51
165452	37,88	38,50	37,51
167254	38,07	38,50	37,51
168201	37,73	38,50	37,51
169178	38,20	38,50	37,51
173254	37,79	38,50	37,51
DESVPAD	0,25		
MEDIA	38,01		

Valores de a* a Úmido			
Lotes	a* Umido	LS	LI
161306	10,43	10,74	9,55
165452	9,79	10,74	9,55
167254	10,36	10,74	9,55
168201	9,81	10,74	9,55
169178	10,42	10,74	9,55
173254	10,07	10,74	9,55
DESVPAD	0,30		
MEDIA	10,15		
Valores de L* a Seco			
Lotes	L* Seco	LS	LI
161306	12,12	12,55	10,96
165452	11,29	12,55	10,96
167254	11,81	12,55	10,96
168201	11,32	12,55	10,96
169178	12,26	12,55	10,96
173254	11,71	12,55	10,96
DESVPAD	0,40		
MEDIA	11,75		

Valores de b* a Úmido			
Lotes	b* Umido	LS	LI
161306	13,48	13,61	12,48
165452	12,91	13,61	12,48
167254	13,25	13,61	12,48
168201	12,67	13,61	12,48
169178	12,98	13,61	12,48
173254	12,97	13,61	12,48
DESVPAD	0,28		
MEDIA	13,04		
Valores de b* a Seco			
Lotes	b* Seco	LS	LI
161306	15,73	15,83	14,66
165452	15,16	15,83	14,66
167254	15,35	15,83	14,66
168201	14,85	15,83	14,66
169178	15,23	15,83	14,66
173254	15,14	15,83	14,66
DESVPAD	0,29		
MEDIA	15,24		

## ANEXO 10

Exemplo do cálculo das coordenadas cromáticas



wl (nm)	4003-131292
400	36,3423
410	50,3635
420	55,2665
430	57,538
440	59,6192
450	61,2053
460	61,9842
470	62,5876
480	63,162
490	63,8494
500	64,9087
510	66,1157
520	67,3516
530	68,5162
540	69,4163
550	69,8761
560	70,0178
570	69,9858
580	69,8127
590	69,5828
600	69,436
610	69,2288
620	69,0018
630	68,9413
640	68,9426
650	68,895
660	69,1307
670	69,165
680	69,097
690	68,8588
700	68,6101

X

xD65	yD65	zD65
0,136	0,014	0,613
0,667	0,069	3,068
1,645	0,172	7,824
2,349	0,289	11,594
3,464	0,561	17,762
3,734	0,902	20,095
3,066	1,3	17,703
1,934	1,831	13,028
0,803	2,529	7,701
0,152	3,176	3,89
0,036	4,337	2,057
0,348	5,63	1,039
1,062	6,871	0,547
2,192	8,112	0,283
3,386	8,644	0,123
4,744	8,881	0,036
6,069	8,583	0
7,285	7,921	0
8,36	7,162	0
8,536	5,933	0
8,706	5,099	0
7,945	4,071	0
6,462	3,004	0
4,641	2,032	0
3,109	1,295	0
1,808	0,741	0
1,053	0,416	0
0,576	0,225	0
0,276	0,107	0
0,119	0,046	0
0,059	0,023	0
94,722	99,976	107,363

=

**X = 64,00382234**  
**Y = 68,17591937**  
**Z = 64,82149286**

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$



$$L^* = 116 \left( \frac{68,1759}{99,976} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{64,0038}{94,722} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{68,1759}{99,976} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{68,1759}{99,976} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{64,821}{107,363} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$



Coordenadas  
cromáticas

$$L^* = 86,1025$$

$$a^* = -1,3424$$

$$b^* = 7,0006$$

Diferença de cor

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(86,1025 - L^*padr\tilde{a}o)^2 + (-1,3424 - a^*padr\tilde{a}o)^2 + (7,0006 - b^*padr\tilde{a}o)^2}$$