

VIDAL SALEM

# TINGIMENTO TÊXTIL

Fibras,  
Conceitos e  
Tecnologias



**Blucher**

*Golden*  
TECNOLOGIA

# TINGIMENTO TÊXTIL

Fibras, Conceitos e Tecnologias

**Blucher**

VIDAL SALEM

# TINGIMENTO TÊXTIL

Fibras, Conceitos e Tecnologias

*Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias*

© 2010 Vidal Salem

Editora Edgard Blücher Ltda.

# Blucher

---

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil  
Tel.: 55 11 3078-5366  
[editora@blucher.com.br](mailto:editora@blucher.com.br)  
[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme  
5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua  
Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras,  
março de 2009

É proibida a reprodução total ou parcial por  
quaisquer meios, sem autorização escrita da  
Editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard  
Blücher Ltda.

## Ficha Catalográfica

---

Salem, Vidal  
Tingimento têxtil: fibras, conceitos e  
tecnologias / Vidal Salem. -- São Paulo:  
Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

1. Cor nas indústrias têxteis 2. Corantes  
3. Química têxtil 4. Tecidos 5. Tinturas e  
tingimento - Fibras têxteis I. Título.

ISBN 978-85-212-0555-5

10-09420

CDD-677.02825

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecidos: Tingimento: Tecnologia 677.02825  
2. Tingimento de tecidos: Tecnologia 677.02825

## PRÓLOGO

Mi compañero Vidal, después de muchos años de trabajo en el sector de Química Textil, inició una nueva carrera en la Golden Tecnología. Allí tuvo la oportunidad de dedicarse con enorme entusiasmo a su trabajo y de rodearse de amigos que lo acompañaron en toda su trayectoria.

Destaco aquí una cualidad de mi compañero: su manera de enseñar, que era la de dividir conocimiento. Sabía oír a aquellos que lo rodeaban, cuando se trataba de cambiar ideas, sobre todo con los más jóvenes. Un intercambio decía él, extremadamente enriquecedor para todos.

Y la iniciativa de la Golden Tecnología de publicar un libro de Vidal, va en esa dirección. Dar continuidad a su forma de dividir conocimiento y crear oportunidades a nuevos profesionales y a estudiantes de química para que se profundicen en esta área.

Mi familia y yo estamos felices y agradecidos a la Golden Tecnología por esta publicación, que también representa un justo acto de reconocimiento a la dedicación y al profesionalismo de mi compañero.

São Paulo, septiembre de 2010

*Dulce Salem*

## PREFÁCIO

Meu companheiro Vidal, após muitos anos de trabalho no setor de Química Têxtil, iniciou uma nova carreira na Golden Tecnologia. Lá, teve a oportunidade de se dedicar com enorme entusiasmo ao seu trabalho e de cercar-se de amigos que o acompanharam por toda a sua trajetória.

Destaco aqui uma qualidade do meu companheiro: sua forma de ensinar era dividir conhecimento. Sabia ouvir aqueles que o cercavam, quando se tratava de trocar ideias. Sobretudo com os mais jovens. Uma troca, dizia ele, extremamente rica para todos.

E a iniciativa da Golden Tecnologia de lançar um livro de autoria do Vidal vai nessa direção. Dá continuidade à sua forma de dividir conhecimento e criar oportunidades para novos profissionais e estudantes de Química se aprofundarem na área.

Eu e a minha família estamos felizes e agradecidos à Golden Tecnologia por esta publicação, que também significa um justo ato de reconhecimento à dedicação e ao profissionalismo do meu companheiro.

São Paulo, setembro de 2010

*Dulce Salem*

## VIDAL SALEM

(25/12/1926 – 29/08/2008)

Químico especialista em química têxtil.

Formação: Curso de Química Industrial – Instituto Presbiteriano Mackenzie.

Colaborador, por longo tempo, na Sandoz S.A., onde ocupou as funções de técnico, gerente técnico e gerente de marketing têxtil e estagiou na matriz da empresa em Basileia, Suíça.

Colaborador e consultor nas empresas Novartis e Clariant.

Fundador da Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis-ABQCT, foi diretor técnico e, posteriormente, presidente da instituição.

Ministrou cursos, publicou diversos artigos técnicos e proferiu inúmeras palestras abordando especialmente a aplicação de corantes na indústria têxtil.

É coautor dos livros *O beneficiamento têxtil na prática e Chão de fábrica*, com Alessandro de Marchi e Felipe Gonçalves de Menezes.

Atuou em consultoria e treinamento técnico, prestando serviços à Golden Química do Brasil Ltda.

## VIDAL SALEM

(25/12/1926 – 29/08/2008)

Químico especialista en química textil.

Graduación: Curso de Química Industrial – Instituto Presbiteriano Mackenzie.

Colaborador, por mucho tiempo, en la Sandoz SA, donde ocupó las funciones de técnico, gerente técnico y gerente de marketing; e hizo practica en la matriz de la empresa en Basilea, Suiza.

Colaborador y consultor las empresas Novartis y Clariant.

Fundador de la Asociación Brasileña de Químicos y Coloristas Textiles-ABQCT, fue su director técnico y, posteriormente, presidente de la institución.

Ministró cursos, publicó diversos artículos técnicos y realizó diversas conferencias, en las que abordó principalmente la aplicación de colorantes en la industria textil.

Es coautor de los libros *O beneficiamento têxtil na prática* y *Chão de fábrica* con Alessandro de Marchi y Felipe Gonçalves de Menezes.

Actuó en la consultoría y entrenamiento técnico en la Golden Química do Brasil Ltda.

## PRESENTACIÓN

El beneficiamiento textil es una de las tecnologías más antiguas, empleadas por el hombre. Los tejidos más antiguos datan aproximadamente del año 5000 a.C.

Para el sector textil también es otorgado el pionerismo en el control de las máquinas por dispositivos binarios a través de tarjetas perforadas usadas en los telares Jacquard.

Este segmento ya no posee el glamour de las tecnologías más recientes, continua siendo un sector con alto grado de complejidad tal vez aquel con uno de los mayores números de variables en su ejecución completa.

De la ciencia antigua, compleja, con una imagen poco amigable de la naturaleza, el sector textil ha pasado por transformaciones que seguramente desafían a los sectores más modernos, de las ciencias más jóvenes. Desde los tejidos inteligentes, biotejidos para el cuerpo humano, tubos de electricidad, a las nanofibras, el sector no queda atrás de las ciencias más avanzadas.

Trabajando tenazmente en la remodelación de sus procesos e insumos, la industria textil camina rápidamente para atender a los exigentes conceptos de sustentabilidad. Al usar materias primas renovables, el agua estrictamente como un vehículo que debe ser siempre usada nuevamente, el beneficiamiento textil tiende a volver a ser parte de las industrias del mundo más desarrollado.

Estas evoluciones y revoluciones jamás hubieran tenido éxito si la comprensión de la ciencia textil no

## APRESENTAÇÃO

O beneficiamento têxtil é uma das mais antigas tecnologias empregadas pelo homem. Os tecidos mais antigos datam aproximadamente do ano 5000 a.C.

Para o setor têxtil também é creditado o pioneirismo no controle de máquinas por dispositivos binários, através dos cartões perfurados usados nos teares jacquard.

Se esse seguimento já não possui o glamour de tecnologias mais recentes, continua sendo um setor com alto grau de complexidade, talvez aquele com um dos maiores números de variáveis na sua completa execução.

De ciência antiga, complexa, com imagem de não amigável à natureza, o setor têxtil tem passado por transformações que seguramente desafiam os setores mais modernos das ciências mais jovens. Desde os tecidos inteligentes, biotecidos para o corpo humano, conduítes de eletricidade, às nanofibras, o setor fica a dever muito pouco para as ciências de ponta.

Trabalhando forte na remodelação de seus processos e insumos, a indústria têxtil caminha a passos largos para atender os conceitos mais estritos da sustentabilidade. Ao utilizar-se de matérias-primas renováveis, da água estrictamente como um veículo que deve ser sempre reusado, o beneficiamento têxtil tende a voltar a fazer parte das indústrias do mundo mais desenvolvido.

Essas evoluções e revoluções jamais teriam êxito se a compreensão da ciência têxtil não fizesse uso dos seus mais básicos conceitos técnicos.

Esta obra, ora disponibilizada, encontra e sempre encontrará demanda, dada a complexidade do beneficiamento têxtil. É uma obra que muito provavelmente não se tornará obsoleta, pois não se compreende o agora sem os corretos entendimentos de toda a base científica.

Vivemos em um mundo em que a longevidade tem sido cultivada e conseguida. Poder ter desfrutado do convívio de um manancial técnico como o autor deste livro remete-nos a algumas questões de consciência. O que estamos fazendo com os “seniores” da nossa geração? Entregamo-lhes uma carta de



agradecimiento e convidamo-los para alegremente desfrutar do convívio com seus familiares, em tempo integral. Somos favoráveis a esse convívio, mas temos que refletir sobre até onde estamos sendo coerentes com a ciência, quando precocemente deixamos de fazer uso de anos de experiência acumulada.

Nossa empresa se sente muito confortada em ter podido beber dessa fonte, enquanto ela existiu, mais ainda, com esta obra buscamos entender e cristalizar esse jorro de conhecimento.



hiciese uso de sus más fundamentales conceptos técnicos.

Esta obra, ahora puesta a su disposición, encuentra y siempre encontrará demanda, dada la complejidad de la industria textil. Es una obra que muy probablemente no se tornará obsoleta, pues no se comprende el presente sin la correcta comprensión de toda la base científica.

Vivimos en un mundo en que la longevidad ha sido conseguida y, respetada.

El poder haber disfrutado de la convivencia con una fuente técnica como el autor de este libro, nos lleva a algunas cuestiones de conciencia. ¿Qué estamos haciendo los “seniores” de de nuestra generación? Les entregamos una carta de agradecimiento y los convidamos para que alegremente disfrutemos de la convivencia con sus familiares, en tiempo integral. Somos favorables a esta relación, pero tenemos que reflexionar hasta dónde estamos siendo coherentes con la ciencia, cuando precocemente dejamos de hacer uso de años de experiencia acumulada.

Nuestra empresa se siente reconfortada por el hecho de haber podido beber de esa fuente mientras ella existió, aún más, con esta obra buscamos entender y cristalizar este manantial de conocimiento.



## CONTENIDO

### 1 Concepto del color y colorimetría . . . . . 15

1. Fuente de luz . . . . . 15
2. Objeto observado . . . . . 18
3. La vista . . . . . 19
4. El cerebro . . . . . 20
5. Colores fundamentales . . . . . 20
6. Concepto de colorimetría . . . . . 21
7. Equipos para la medición colorimétrica . . . . . 27
8. Aplicaciones de la colorimetría . . . . . 28

### 2 Clasificación general . . . . . 29

1. Fibras naturales vegetales . . . . . 30
2. Fibras animales . . . . . 32
3. Fibras químicas de polímeros naturales (fibras artificiales) . . . . . 33
4. Fibras químicas de polímeros sintéticos . . . . . 35

### 3 Colorantes y sus aplicaciones en los sustratos textiles . . . 41

1. Introducción . . . . . 41
2. Historia . . . . . 41
3. ¿Que es la tinte? ¿Qué son los colorantes? . . . . . 43
4. Clasificación de los colorantes . . . . . 45

### 4 Tensoactivos . . . . . 47

1. Introducción . . . . . 47
2. Tensión superficial . . . . . 47
3. Productos tensoactivos . . . . . 48

## CONTEÚDO

### 1 Conceito de cor e colorimetria . . . . . 15

1. FONTE DE LUZ . . . . . 15
2. OBJETO OBSERVADO . . . . . 18
3. A VISTA . . . . . 19
4. O CÉREBRO . . . . . 20
5. CORES FUNDAMENTAIS . . . . . 20
6. CONCEITO DE COLORIMETRIA . . . . . 21
7. INSTALAÇÕES PARA MEDIÇÃO COLORIMÉTRICA . . . . . 27
8. APLICAÇÕES DA COLORIMETRIA . . . . . 28

### 2 Classificação geral . . . . . 29

1. FIBRAS NATURAIS VEGETAIS . . . . . 30
2. FIBRAS ANIMAIS . . . . . 31
3. FIBRAS QUÍMICAS DE POLÍMEROS NATURAIS (FIBRAS ARTIFICIAIS) . . . . . 33
4. FIBRAS QUÍMICAS DE POLÍMEROS SINTÉTICOS . . . . . 35

### 3 Corantes e suas aplicações nos sustratos têxteis . . 41

1. INTRODUÇÃO . . . . . 41
2. HISTÓRICO . . . . . 41
3. O QUE É TINGIMENTO? O QUE SÃO CORANTES? . . . . . 43
4. CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES . . . . . 45

### 4 Tensoativos . . . . . 47

1. INTRODUÇÃO . . . . . 47
2. TENSÃO SUPERFICIAL . . . . . 47
3. PRODUTOS TENSOATIVOS . . . . . 48

## 10 Tingimento Têxtil

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5 Máquinas de tingimento</b> .....                       | <b>59</b> |
| 1. INTRODUÇÃO – MÁQUINAS DE TINTURA .....                   | 59        |
| 2. MÁQUINAS EMPREGADAS EM PROCESSOS POR ESGOTAMENTO ...     | 59        |
| 3. INSTALAÇÕES PARA PROCESSOS CONTÍNUOS .....               | 66        |
| <b>6 Princípios gerais do tingimento</b> .....              | <b>71</b> |
| 1. CONTATOS ENTRE BANHO E SUBSTRATO .....                   | 72        |
| 2. VELOCIDADE DE MONTAGEM .....                             | 73        |
| 3. MIGRAÇÃO .....   | 75        |
| <b>IGUALIZANTES PARA TINTURARIA</b> .....                   | <b>76</b> |
| 1. TINGIMENTOS NÃO UNIFORMES .....                          | 76        |
| 2. CAUSAS DE TINGIMENTOS DESIGUAIS .....                    | 76        |
| 3. TIPOS DE IGUALIZANTES .....                              | 77        |
| <b>7 Branqueamento óptico</b> .....                         | <b>79</b> |
| 1. MEDIÇÃO DO BRANCO – GRAU DE BRANCURA .....               | 82        |
| 2. AVALIAÇÃO DE BRANQUEADORES ÓPTICOS .....                 | 83        |
| 3. APLICAÇÃO DOS BRANQUEADORES ÓPTICOS .....                | 84        |
| <b>8 Controle de qualidade dos tingimentos</b> .....        | <b>87</b> |
| 1. REPRODUTIBILIDADE DA COR .....                           | 87        |
| 2. IGUALIZAÇÃO .....  | 87        |
| 3. SOLIDEZ DA COR .....                                     | 88        |
| <b>9 Fundamentos teóricos</b> .....                         | <b>91</b> |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 91        |
| 2. INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA FIBRA .....                   | 91        |
| 3. INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DO CORANTE .....                 | 95        |
| 4. TEORIA GERAL DO TINGIMENTO: CINÉTICA E TERMODINÂMICA ... | 97        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5 Máquinas de tintura</b> .....                            | <b>59</b> |
| 1. Introducción – máquinas de tintura .....                   | 59        |
| 2. Máquinas empleadas en procesos por agotamiento ...         | 59        |
| 3. Instalaciones para procesos continuos .....                | 66        |
| <b>6 Princípios generales de la tintura</b> .....             | <b>71</b> |
| 1. Contactos entre baño y sustrato .....                      | 72        |
| 2. Velocidad de absorción (montaje) .....                     | 73        |
| 3. Migración .....  | 76        |
| <b>IGUALADORES PARA TINTURA</b> ..                            | <b>76</b> |
| 1. Tinturas no uniformes .....                                | 76        |
| 2. Causas de tintura desiguales ..                            | 77        |
| 3. Tipos de igualadores .....                                 | 77        |
| <b>7 Blanqueo óptico</b> ...                                  | <b>79</b> |
| 1. Medición de blanco – grado de blancura .....               | 82        |
| 2. Evaluación de blanqueadores ópticos .....                  | 83        |
| 3. Aplicación de los blanqueadores ópticos .....              | 84        |
| <b>8 Control de la calidad de las tinturas</b> .....          | <b>87</b> |
| 1. Reproducibilidad del color ...                             | 87        |
| 2. Igualación .....   | 87        |
| 3. Solidez del color .....                                    | 88        |
| <b>9 Fundamentos teóricos</b> .....                           | <b>91</b> |
| 1. Introducción .....   | 91        |
| 2. Influencia de la estructura de la fibra .....              | 91        |
| 3. Influencia de la estructura del colorante .....            | 96        |
| 4. Teoría general de la tintura: cinética y termodinámica ... | 98        |

**10 Tintura de lana . . . . 105**

- 1. Estructura química de lana . . 105
- 2. Colorantes empleados en la tintura de lana . . . . . 105
- 3. Tintura de lana con colorantes ácidos . . . . . 106
- 4. Tintura de lana con colorantes complejos metálicos . . . . . 110
- 5. Tintura de lana con colorantes al cromo . . . . . 112

**11 Tintura de acetato de celulosa. . . . . 113**

- 1. Introducción . . . . . 113
- 2. Teoría de tintura . . . . . 114
- 3. Proceso de tintura . . . . . 115

**12 Tintura de poliéster. . . . . 117**

- 1. La fibra de poliéster . . . . . 117
- 2. Colorantes para poliéster – colorantes dispersos . . . . . 118
- 3. Teoría de la tintura de poliéster . . . . . 121
- 4. Procesos de tintura. . . . . 126

**13 Tintura de mezclas de poliéster con fibras celulósicas . . . . . 137**

- 1. Introducción . . . . . 137
- 2. Tintura por agotamiento. . . . 137
- 3. Procesos continuos. . . . . 141

**14 Tintura de fibras poliamídicas . . . . . 145**

- 1. La poliamida . . . . . 145
- 2. Colorantes que tiñen poliamida. . . . . 147

**15 Tintura de fibras acrílicas con colorantes catiónicos. . . . . 155**

- 1. Fibras acrílicas. . . . . 155
- 2. Colorantes catiónicos . . . . . 156
- 3. Mecanismo de la tintura con colorantes catiónicos . . . . . 158
- 4. Parámetros importantes para la tintura de la fibra . . . . . 159
- 5. Proceso de tintura . . . . . 162
- 6. Determinación del porcentaje de retardante catiónico a usar 162
- 7. Observaciones. . . . . 163

**10 Tingimento de lã. . . . . 105**

- 1. ESTRUTURA QUÍMICA DA LÃ . . . . . 105
- 2. CORANTES EMPREGADOS NO TINGIMENTO DE LÃ . . . . . 105
- 3. TINGIMENTO DA LÃ COM CORANTES ÁCIDOS . . . . . 106
- 4. TINGIMENTO DA LÃ COM CORANTES COMPLEXOS METÁLICOS. . . . 110
- 5. TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES AO CROMO . . . . . 112

**11 Tingimento de acetato de celulose . . . . . 113**

- 1. INTRODUÇÃO . . . . . 113
- 2. TEORIA DO TINGIMENTO . . . . . 114
- 3. PROCESSO DE TINGIMENTO . . . . . 115

**12 Tingimento de poliéster. . . . . 117**

- 1. A FIBRA DE POLIÉSTER . . . . . 117
- 2. CORANTES PARA POLIÉSTER – CORANTES DISPERSOS . . . . . 118
- 3. TEORIA DO TINGIMENTO DE POLIÉSTER . . . . . 121
- 4. PROCESSOS DE TINGIMENTO . . . . . 126

**13 Tingimento de misturas de poliéster com fibras celulósicas . . . . . 137**

- 1. INTRODUÇÃO . . . . . 137
- 2. TINGIMENTO POR ESGOTAMENTO . . . . . 137
- 3. PROCESSOS CONTÍNUOS. . . . . 141

**14 Tingimento de fibras poliamídicas . . . . . 145**

- 1. A POLIAMIDA . . . . . 145
- 2. CORANTES QUE TINGEM POLIAMIDA . . . . . 147

**15 Tingimento de fibras acrílicas com corantes catiónicos. . . . . 155**

- 1. FIBRAS ACRÍLICAS . . . . . 155
- 2. CORANTES CATIÔNICOS. . . . . 156
- 3. MECANISMO DO TINGIMENTO COM CORANTES CATIÔNICOS . . . . . 158
- 4. PARÂMETROS IMPORTANTES PARA O TINGIMENTO DA FIBRA . . . . . 159
- 5. PROCESSO DE TINGIMENTO . . . . . 162
- 6. DETERMINAÇÃO DA PORCENTAGEM DE RETARDANTE CATIÔNICO A USAR. . . . . 162
- 7. OBSERVAÇÕES. . . . . 163

## 12 Tingimento Têxtil

### 16 Tingimento de microfibras . . . . . 165

1. INTRODUÇÃO . . . . . 165
2. PROPRIEDADES DAS MICROFIBRAS . . . . . 166
3. DIFERENÇAS TINTORIAIS E DE SOLIDEZ DAS MICROFIBRAS . . . . . 168
4. O TINGIMENTO DE MICROFIBRAS . . . . . 171

### 17 Tingimento de fibras celulósicas com corantes diretos . . . . . 175

1. INTRODUÇÃO . . . . . 175
2. ESTRUTURA QUÍMICA DOS CORANTES DIRETOS . . . . . 175
3. TEORIA DO TINGIMENTO COM CORANTES DIRETOS . . . . . 176
4. CLASSIFICAÇÃO SDC DOS CORANTES DIRETOS . . . . . 179
5. TIPOS DE CORANTES DIRETOS . . . . . 179
6. PROCESSOS DE TINGIMENTO . . . . . 180
7. PREVENÇÃO DE DEFEITOS DE TINGIMENTO COM CORANTES DIRETOS . . . . . 185

### 18 Tingimento de fibras celulósicas com corantes reativos . . . . . 187

1. INTRODUÇÃO . . . . . 187
2. PRINCÍPIOS TEÓRICOS DO TINGIMENTO COM CORANTES REATIVOS . . . . . 188
3. TINGIMENTO POR ESGOTAMENTO COM CORANTES REATIVOS A QUENTE . . . . . 196
4. TINGIMENTO POR ESGOTAMENTO COM CORANTES REATIVOS A FRIO . . . . . 199
5. LAVAGEM E ENSABOAMENTO POSTERIORES . . . . . 200
6. CORANTES BIFUNCIONAIS . . . . . 202
7. OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS POR ESGOTAMENTO (SUPROMATIC) . . . . . 204
8. TINGIMENTO DE ALGODÃO PELO PROCESSO *PAD-BATCH* COM CORANTES REATIVOS . . . . . 205
9. TINGIMENTO DE FIBRAS CELULÓSICAS POR PROCESSOS CONTÍNUOS COM CORANTES REATIVOS . . . . . 213
10. PREVENÇÃO DE DEFEITOS DE TINGIMENTOS COM CORANTES REATIVOS . . . . . 215

### 16 Tintura de microfibras . . . . . 165

1. Introducción . . . . . 165
2. Propiedades de las microfibras . . . . . 166
3. Diferencias tintoriales de solidez de las microfibras . . . . . 168
4. La tintura de microfibras . . . . . 171

### 17 Tintura de fibras con colorantes directos . . . . . 175

1. Introducción . . . . . 175
2. Estructura química de los colorantes directos . . . . . 175
3. Teoría de la tintura con colorantes directos . . . . . 176
4. Clasificación SDC de los colorantes directos . . . . . 179
5. Tipos de colorantes directos . . . . . 179
6. Procesos de tintura . . . . . 181
7. Prevención de defectos de tintura con colorantes directos . . . . . 185

### 18 Tintura de fibras celulósicas con colorantes reactivos . 187

1. Introducción . . . . . 187
2. Principios teóricos de la tintura con colorantes reactivos . . . . . 188
3. Tintura por agotamiento con colorantes reactivos calientes . . . . . 196
4. Tintura por agotamiento con colorantes reactivos fríos . . . . . 199
5. Lavado y jabonado posterior . . . . . 200
6. Colorantes bifuncionales . . . . . 202
7. Optimización de procesos por agotamiento (supromatic) . . . . . 204
8. Tintura de algodón por el proceso *pad-batch* con colorantes reactivos . . . . . 205
9. Tintura de fibras celulósicas por procesos continuos con colorantes reactivos . . . . . 213
10. Prevención de defectos de tintura con colorantes reactivos . . . . . 215

**19 Tintura de fibras  
celulósicas con  
colorantes  
sulfurosos. . . . . 219**

- 1. Introducción . . . . . 219
- 2. Teoría de la tintura . . . . . 220
- 3. Clasificación de los colorantes sulfurosos . . . . . 221
- 4. Colorantes sulfurosos en el mercado brasileño . . . . . 223
- 5. Productos químicos empleados en la tintura . . . . . 223
- 6. Procesos de tintura. . . . . 225

**20 Tintura de fibras  
celulósicas con  
colorantes a tina . . . 231**

- 1. Teoría de tintura . . . . . 231
- 2. Práctica de tintura . . . . . 232
- 3. Defectos en las tinturas con colorantes a tina. . . . . 237

**21 Colorantes  
indigosol . . . . . 239**

- 1. Introducción . . . . . 239
- 2. Teoría de la tintura . . . . . 239
- 3. Práctica de la tintura . . . . . 240

**22 Tintura de fibras  
celulósicas con  
colorantes azóicos . . 243**

- 1. Introducción . . . . . 243
- 2. Teoría de la tintura . . . . . 243
- 3. Práctica de tintura . . . . . 245

**19 Tingimento de fibras celulósicas com corantes sulfurosos . . . . . 219**

- 1. INTRODUÇÃO . . . . . 219
- 2. TEORIA DO TINGIMENTO . . . . . 219
- 3. CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES SULFUROSOS. . . . . 221
- 4. CORANTES SULFUROSOS NO MERCADO BRASILEIRO. . . . . 223
- 5. PRODUTOS QUÍMICOS EMPREGADOS NO TINGIMENTO . . . . . 223
- 6. PROCESSOS DE TINGIMENTO . . . . . 225

**20 Tingimento de fibras celulósicas com corantes à tina . . . . . 231**

- 1. TEORIA DO TINGIMENTO . . . . . 231
- 2. PRÁTICA DO TINGIMENTO . . . . . 232
- 3. DEFEITOS NOS TINGIMENTOS COM CORANTES À TINA – CAUSAS PROVÁVEIS . . . . . 237

**21 Corantes indigosol . . . . . 239**

- 1. INTRODUÇÃO . . . . . 239
- 2. TEORIA DO TINGIMENTO . . . . . 239
- 3. PRÁTICA DO TINGIMENTO . . . . . 240

**22 Tingimento de fibras celulósicas com corantes azoicos. . . . . 243**

- 1. INTRODUÇÃO . . . . . 243
- 2. TEORIA DO TINGIMENTO . . . . . 243
- 3. PRÁTICA DO TINGIMENTO . . . . . 245
- 4. PROCESSOS DE TINGIMENTO . . . . . 248

## 14 Tingimento Têxtil

|  |            |
|--|------------|
| <b>23 O tingimento de fibras mistas . . . . .</b>  | <b>251</b> |
| 1. INTRODUÇÃO . . . . .  | 251        |
| 2. TINGIMENTO DE POLIÉSTER/CELULOSE . . . . .  | 252        |
| 3. TINGIMENTO DE POLIÉSTER/LÃ . . . . .  | 252        |
| 4. TINGIMENTO DE LÃ/CELULOSE . . . . .   | 254        |
| 5. TINGIMENTO DE POLIAMIDA/LÃ . . . . .  | 254        |
| 6. TINGIMENTO DE POLIAMIDA/CELULOSE . . . . .  | 254        |
| 7. TINGIMENTO DE POLIAMIDA E FIBRAS DE POLIURETANO . . . . .                               | 256        |
| 8. TINGIMENTO DE CELULOSE E FIBRAS DE POLIURETANO . . . . .                                | 257        |
| 9. TINGIMENTO DE POLIÉSTER E FIBRAS DE POLIURETANO . . . . .                               | 257        |
| 10. TINGIMENTO DE FIBRAS DE POLIESTER/POLIAMIDA . . . . .                                  | 257        |
| 11. TINGIMENTO DE FIBRAS DE POLIÉSTER E ACRÍLICAS . . . . .                                | 258        |
| 12. TINGIMENTO DE FIBRAS ACRÍLICAS E LÃ . . . . .  | 259        |
| <b>24 A água na tinturaria . . . . .</b>   | <b>265</b> |
| 1. INTRODUÇÃO . . . . .  | 265        |
| 2. O VALOR pH . . . . .  | 265        |
| 3. DUREZA DA ÁGUA . . . . .  | 266        |
| 4. EXIGÊNCIAS QUANTO À QUALIDADE DA ÁGUA . . . . .   | 267        |
| <b>25 Aspectos econômicos no tingimento têxtil . . . . .</b>                               | <b>271</b> |
| 1. INTRODUÇÃO . . . . .  | 271        |
| 2. CONDIÇÕES PARA O SUCESSO DE UM PROCESSO . . . . .                                       | 271        |
| 3. ASPECTOS TECNOLÓGICOS QUE CONTRIBUEM PARA A<br>REDUÇÃO DO CUSTO DO TINGIMENTO . . . . . | 271        |
| <b>26 Aspectos ecológicos do tingimento . . . . .</b>                                      | <b>285</b> |
| 1. INTRODUÇÃO . . . . .  | 285        |
| 2. IMPACTO DOS CORANTES NOS EFLUENTES LÍQUIDOS . . . . .                                   | 285        |
| 3. SEGURANÇA OPERACIONAL E AMBIENTAL RELATIVA À<br>MANIPULAÇÃO DE CORANTES . . . . .       | 290        |
| 4. IMPACTO DOS CORANTES NO USUÁRIO DE ARTIGOS TÊXTEIS . . . . .                            | 293        |
| 5. ETIQUETAS ECO . . . . .   | 294        |
| 6. CRITÉRIOS RELATIVOS AOS CORANTES NAS ETIQUETAS ECO . . . . .                            | 294        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 4. Processos de tintura . . . . . | 248 |
|-----------------------------------|-----|

## 23 La tinta de fibras mezclas . . . . . 251

|  |     |
|--|-----|
| 1. Introducción . . . . .                                    | 251 |
| 2. Tintura de poliéster/<br>celulosa . . . . .               | 252 |
| 3. Tintura de poliéster/lana . . . . .                       | 252 |
| 4. Tintura de lana/celulosa . . . . .                        | 254 |
| 5. Tintura de poliamida/lana . . . . .                       | 254 |
| 6. Tintura de poliamida/<br>celulosa . . . . .               | 254 |
| 7. Tintura de poliamida y fibras<br>de poliuretano . . . . . | 256 |
| 8. Tintura de celulosa y fibras<br>de poliuretano . . . . .  | 257 |
| 9. Tintura de poliéster y fibras<br>de poliuretano . . . . . | 257 |
| 10. Tinturas de fibras de poliéster/<br>poliamida . . . . .  | 257 |
| 11. Tintura de fibras de poliéster<br>y acrílicas . . . . .  | 258 |
| 12. Tinturas de fibras acrílicas<br>y lana . . . . .         | 259 |

## 24 El agua en la tintoreria . . . . . 265

|  |     |
|--|-----|
| 1. Introducción . . . . .                              | 265 |
| 2. El valor de pH . . . . .                            | 265 |
| 3. Dureza del agua . . . . .                           | 266 |
| 4. Exigencia cuanto a la calidad<br>del agua . . . . . | 267 |

## 25 Aspectos económicos em la tintura textil . . . . . 271

|  |     |
|--|-----|
| 1. Introducción . . . . .  | 271 |
| 2. Consideraciones para el éxito<br>de un proceso . . . . .  | 271 |
| 3. Aspectos tecnológicos que<br>contribuyen para la reducción<br>del costo de la tintura . . . . . | 272 |

## 26 Aspectos ecológicos de la tintura . . . . . 285

|   |     |
|---|-----|
| 1. Introducción . . . . .   | 285 |
| 2. Impacto de los colorantes en los<br>efluentes líquidos . . . . .                           | 285 |
| 3. Seguridad operacional y ambiental<br>relativa a la manipulación de<br>colorantes . . . . . | 290 |

Existen innumerables intentos para la definición del color. Podemos decir que el color es una percepción subjetiva causada en el cerebro en consecuencia de una cierta energía radiante transmitida a los ojos.

Para la percepción de un color es necesario:

- \*Fuente de luz
- \*Objeto colorido.
- \*Observador – la vista humana recibe la imagen y la transforma en estímulos que son transmitidos, mediante el nervio óptico, al cerebro donde se manifiesta la percepción del color.

### 1. FUENTE DE LUZ

Objetos sólo pueden ser vistos cuando luminosos (emiten luz) o cuando iluminados (refleja total o parcialmente la luz que incide sobre ellos). Artículos teñidos corresponden al caso segundo.

Lo que da la sensación dimensional de un objeto es su color. Si, por ejemplo colocamos un libro verde sobre un lienzo blanco, el límite dimensional del libro será delimitado por su color.

Como se sabe, la percepción sensorial del color es causada por la luz. Por esta razón el color es siempre relacionado con la fuente de luz, denominado como iluminante, a partir de un objeto que no emita luz propia. Así, un objeto sólo manifiesta su color cuando es iluminado.

Existem inúmeras tentativas para a definição de cor. Podemos dizer que a cor é uma percepção subjetiva causada no cérebro em consequência de uma certa energia radiante transmitida aos olhos.

Para a percepção de uma cor há a necessidade de:

- \* Fonte de luz
- \* Objeto colorido
- \* Observador – a vista humana recebe a imagem e a transforma em impulsos que são transmitidos, mediante o nervo óptico, ao cérebro, onde manifesta-se a percepção da cor



Figura 1 Fonte de luz  
Fuente de luz

### 1. FONTE DE LUZ

Objetos só podem ser vistos quando luminosos (emitem luz) ou quando iluminados (refletem total ou parcialmente a luz que incide sobre eles). Artigos tintos se enquadram nesse segundo caso.

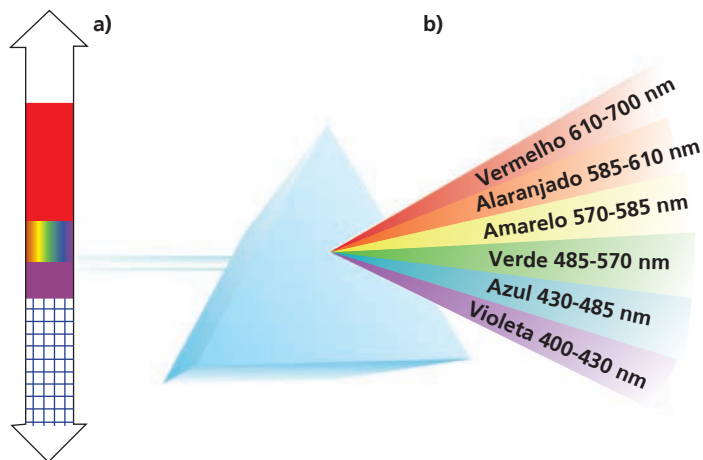
O que dá a sensação dimensional de um objeto é a sua cor. Se, por exemplo, colocarmos um livro verde sobre um lençol branco, as linhas dimensionais do livro serão delimitadas por sua cor.

Como é sabido, a percepção sensorial da cor é causada pela luz. Por essa razão, a cor é sempre relacionada a uma fonte de luz, denominada *iluminante*, desde que o objeto não emita luz própria. Assim, um objeto só manifesta sua cor quando é iluminado.



*Luz* é o nome que damos à radiação eletromagnética na faixa de 400 a 700 nm (nanômetros), a qual constitui a radiação visível para seres humanos. Alguns animais podem ver outras faixas de comprimento de onda.

Sabemos que as radiações eletromagnéticas propagam-se em ondas de comprimento variável abrangendo um largo espectro, dentro do qual há uma pequena banda, na faixa de 400 a 700 nm, que, como mencionamos antes, constitui a luz visível.



**Figura 2** a) Espectro de energia eletromagnética  
Espectro de energía electromagnética  
b) Espectro da luz visível  
Espectro de luz visible

As radiações que limitam o espectro de luz visível são os raios ultra violeta ( $< 400$  nm) e os infravermelho ( $> 700$  nm).

Quando um feixe de luz atravessa um prisma (experiência de Newton), ele se decompõe em bandas de luz colorida (cores do arco-íris), com comprimentos de onda diferentes e que vão desde o vermelho (700 nm) até o violeta (400 nm).

A distribuição de energia espectral de um determinado iluminante indica o quanto de energia ele irradia em cada intervalo de comprimento de onda. Os iluminantes se diferem muito na proporção dos componentes de seu espectro. Assim, luz solar, lâmpada incandescente, fluorescente, de sódio, etc. são muito diferentes. A lâmpada incandescente, por exemplo, contém mais radiações longas (vermelho, amarelo) do que a luz solar. Com a mudança do iluminante haverá mudança na cor do objeto iluminado. Devido a isso, afirmamos que a cor não é uma propriedade imutável do objeto, mas varia em função da composição espectral do iluminante.

*La luz* es el nombre que le damos a la radiación electromagnética en la banda de 400 a 700 nm (nanómetros), la cual constituye la radiación visual para los seres humanos. Algunos animales pueden ver en otras zonas de bandas.

Sabemos que las radiaciones electromagnéticas se propagan en ondas de extensión variable, abarcando un gran espectro. Dentro de este espectro hay una pequeña banda, en la faja de 400 a 700nm, que, como mencionamos antes, constituye la luz visible.

Las radiaciones que limitan el espectro de luz visible son los rayos ultravioletas ( $< 400$  nm) y los infrarrojos ( $> 700$  nm).

Cuando un haz de luz atraviesa un prisma (experimento de Newton), el se descompone en bandas de luz colorida (colores del arco iris) con longitudes de ondas diferentes y que varían desde el rojo (700 nm) hasta violeta (400 nm).

La distribución de energía espectral de un determinado iluminante indica cuanto de energía de iluminante irradia en cada intervalo de la extensión de onda. Los iluminantes se diferencian mucho en la proporción de los componentes de su espectro. Por ejemplo, luz solar, luz de bombilla incandescente, fluorescente de sodio es muy diferente. La bombilla incandescente, por ejemplo, contiene más radiaciones largas (rojo, amarillo) que la luz solar.

Con la variación de iluminante hay variación de color del objeto iluminado. Debido a esto se puede afirmar que el color no es una propiedad inmutable del objeto, sino, pero varía en función de la composición espectral del iluminante.

Los rayos luminosos componentes del espectro constituyen el conjunto de radiaciones visibles, cada uno produciéndose en el cerebro, a través de los ojos, una percepción de color. Cada componente del espectro tiene una longitud de onda diferente conforme a la Tabla 1.

Podemos afirmar que las radiaciones sensibilizan la vista en la banda de 400 a 700 nm. Radiaciones con extensión de onda abajo o arriba de este límite ya no son visibles.

Dentro de los colores del espectro, los físicos (nótese bien: no los coloristas) establecieron tres colores fundamentales:

1. Rojo
2. Verde
3. Azul

Los rayos luminosos de estas tres longitudes de onda, cuando son proyectados sobre una superficie blanca, producen los demás colores del espectro. Así, si se proyecta sobre un fondo blanco, rayos verdes y rojos se obtiene una mancha amarilla. Si se proyectan los rayos de tres colores se obtiene el blanco.

Esta superposición de bandas coloridas constituye el principio de la composición aditiva de colores.

Los rayos luminosos pueden también ser sustraídos. Si se proyecta una banda de luz blanca sobre una lámina transparente azul (Filtro azul), sólo pasarán los rayos azules y por consecuencia los demás rayos del espectro visible fueron sustraídos. Si se sobreponen tres filtros: azul, amarillo, y rojo y se proyecta sobre estos una banda de luz blanca, habrá absorción completa en los filtros y se produce el negro. Los coloristas trabajan en base de la composición sustraída de los colores.

Os raios luminosos componentes do espectro constituem o conjunto de radiações visíveis, cada uma produzindo no cérebro, através dos olhos, uma percepção de cor.

**Tabela 1** Faixas do espectro visível em nm

**Tabla 1** Bandas del espectro visible en nm

| Cor<br>Color     | Faixa do Espectro (nm)<br>Banda de Espectro (nm) |
|------------------|--|
| Vermelho/Rojo    | 610-700  |
| Laranja/Naranja  | 595-610  |
| Amarelo/Amarillo | 570-595  |
| Verde/Verde      | 485-570  |
| Azul/Azul        | 430-485  |
| Violeta/Violeta  | 400-430  |

Cada componente do espectro tem um comprimento de onda diferente conforme a Tabela 1.

Podemos afirmar que as radiações sensibilizam a vista humana na faixa de 400 a 700 nm. Radiações com comprimentos de onda abaixo ou acima desses limites já não são visíveis.

Dentre as cores do espectro, os físicos (note bem: não os coloristas) estabeleceram três cores fundamentais:

1. Vermelho
2. Verde
3. Azul

Raios luminosos desses três comprimentos de onda, quando projetados sobre uma superfície branca, produzem as demais cores do espectro. Assim, projetando-se raios verdes e vermelhos sobre um fundo branco, obteremos uma mancha amarela. Projetando-se os raios das três cores, obteremos o branco. Essa superposição de feixes coloridos constituem o princípio da composição aditiva de cores.

Os raios luminosos podem também ser subtraídos. Assim, ao projetarmos um feixe de luz branca sobre uma lâmina transparente azul (filtro azul), só passarão os raios azuis e, portanto, os demais raios do espectro visível serão subtraídos. Se sobreusermos três filtros: azul, amarelo e vermelho, e projetarmos sobre eles um feixe de luz branca, haverá absorção completa nos filtros e produziremos o preto. Os coloristas trabalham na base da composição subtrativa das cores.

## 18 Tingimento Têxtil

Assim, para o físico:

**VERMELHO + VERDE + AZUL = BRANCO**  
(na base da composição aditiva das cores)

e para o colorista:

**AMARELO + VERMELHO + AZUL = PRETO**  
(na base da composição subtrativa das cores)

Trabalhamos com três iluminantes padrão:

1. Luz normalizada do dia – D 65
2. Luz normalizada da lâmpada incandescente – A
3. Luz fluorescente padronizada Philips – TL 84

## 2. OBJETO OBSERVADO

A cor de um objeto (por exemplo: um artigo têxtil) é determinada pela luz refletida por ele. Assim, um substrato é branco quando reflete toda luz que incide sobre ele e é preto quando não há reflexão de luz.

Substratos são coloridos quando absorvem certos raios do espectro e reemitem os restantes. Por exemplo, dizemos que um substrato é azul quando, ao incidir sobre ele luz branca, reflete azul e absorve os demais componentes do espectro. Por essa razão, quando tingimos um artigo têxtil, estamos trabalhando com subtração de cores. Para cada corpo colorido existem dois tipos de cores:

- \* Cor absorvida ou física
- \* Cor refletida ou psicológica (é a que vemos)

A esses pares de cores chamamos *cores complementares*.

**Tabela 2** Cores complementares

Tabla 2 Colores complementares

| Cor Absorvida<br>Color Absorvido | Cor Refletida<br>Color Reflejado    |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Violeta/Violeta                  | Amarelo esverdeado/Amarillo verdoso |
| Azul anil/Azul anil              | Amarelo/Amarillo                    |
| Azul/Azul                        | Laranja/Naranja                     |
| Verde/Verde                      | Púrpura/Purpura                     |
| Amarelo/Amarillo                 | Azul anil/Azul anil                 |
| Laranja/Naranja                  | Azul/Azul                           |
| Vermelho/Rojo                    | Verde azulado/Verde azulado         |

Así, para el físico:

**ROJO + VERDE + AZUL = BLANCO**  
(en base de la composición aditiva de los colores)

Para colorista:

**AMARILLO + ROJO + AZUL = NEGRO**  
(en la base de la composición sustrativa de los colores)

Una última observación en cuanto a los iluminantes, en programas de colorimetría se trabaja con tres iluminantes:

1. Luz de día normalizada D65
2. Luz normalizada de lâmpara incandescente – A
3. Luz fluorescente estándar Philips – TL 84

## 2. OBJETO OBSERVADO

El color de un objeto (por ejemplo: un artículo textil) es determinada por la luz reflejada por éste. Así, un sustrato es blanco cuando refleja toda la luz que incide sobre éste y el negro cuando no hay reflejo de luz.

Los sustratos son coloridos cuando absorben ciertos rayos de espectro y remiten los restantes. Por ejemplo, decimos que un sustrato es azul, cuando, al incidir sobre este sustrato luz blanca, refleja azul y absorbe los demás componentes del espectro. Por esta razón, cuando tenemos un artículo textil, estamos trabajando con sustracción de colores. Para cada cuerpo colorido existen dos tipos de colores.

\*Color absorbido o físico

\*Color reflejado o psicológico (es el que vemos)

A estos pares de colores los llamamos colores complementarios.

Como ya hemos dicho, un sustrato es blanco, bajo la luz solar, cuando refleja todos los colores del espectro. Cuando queremos dar color a este sustrato, precisamos modificar la luz reflejada, de modo a sólo sensibilizar nuestra vista al color deseado. Esto es conseguido por la aplicación de productos químicos que absorben selectivamente todas las bandas del espectro menos la deseada que debería ser reflejada. Estos productos son llamados *colorantes* o *pigmentos*. (Veremos más adelante la diferencia entre colorante y pigmento.)

Por medio de espectrofotómetros, los laboratorios de colorimetría establecen las curvas de remisión de los teñidos, esto es para radiaciones de todas las longitudes de onda, dentro del espectro de luz visible, es determinado el porcentaje de reflectancia de energía.

### 3. LA VISTA

La tercera condición esencial para que haya color es la vista, que funciona como receptor.

Como ya mencionamos, dentro del espectro de radiaciones electromagnéticas hay una banda de rayos visibles entre 400 y 700 nm. Los rayos luminosos que atraviesan cristalino alcanzan la retina, donde se encuentran los terminales del nervio óptico.

En estos terminales existen dos tipos de células.

\* **Bastones:** responsable por la vision en ambiente oscuro, com muy baja intensidad de luz. Todos los bastones tienen la misma sensibilidad espectral y por esta razón vemos solamente objetos grises en la oscuridad y no distinguimos colores. En la intensidad normal de luz los bastones no son más usados, en este caso sólo los conos son decisivos.

Como já foi dito, um substrato é branco, sob a luz solar, quando reflete todas as cores do espectro. Quando queremos dar cor a esse substrato, precisamos modificar a luz refletida, de modo a só a cor desejada sensibilizar nossa vista. Isso se consegue pela aplicação de produtos químicos que agem absorvendo seletivamente todas as faixas do espectro menos a desejada, que deverá ser refletida. Esses produtos são chamados *corantes* ou *pigmentos* (veremos mais adiante a diferença entre corantes e pigmentos) e agem por subtração de cores.

Por meio de espectrofotômetros, os laboratórios de colorimetria estabelecem as curvas de remissão dos tingimentos, isto é, para radiações de todos os comprimentos de onda, dentro do espectro de luz visível, é determinada a porcentagem de reflectância de energia.

### 3. A VISTA

A terceira condição essencial para que haja cor é a vista, que funciona como receptor.

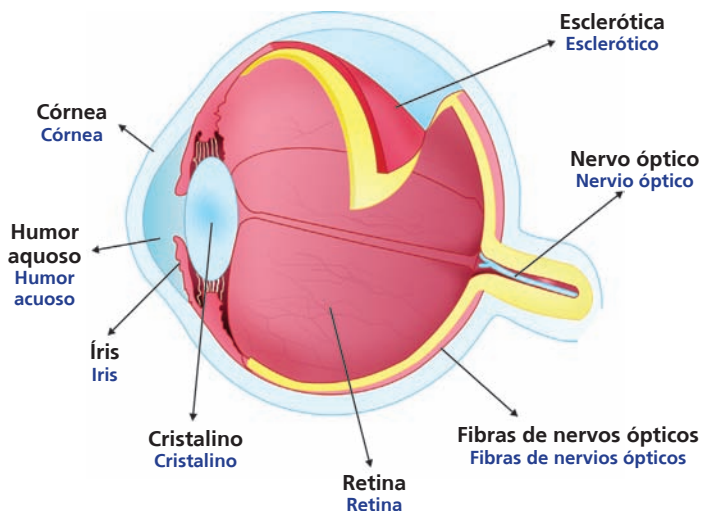


Figura 3: Diagrama esquemático do olho humano  
Diagrama esquemática del ojo humano

Como já mencionamos, dentro do espectro de radiações eletromagnéticas há uma banda de raios visíveis entre 400 e 700 nm. Os raios luminosos, ao atravessarem o cristalino, vão atingir a retina, onde encontram os terminais do nervo óptico. Nesses terminais existem dois tipos de células:

\* **Bastonetes:** responsáveis pela visão em ambiente escuro, com baixa intensidade de luz. Todos os bastonetes

têm a mesma sensibilidade espectral e, por essa razão, vemos somente objetos cinza no escuro e não distinguimos cores. Em intensidade normal de luz, os bastonetes não são mais usados e, nesse caso, só os cones são decisivos.

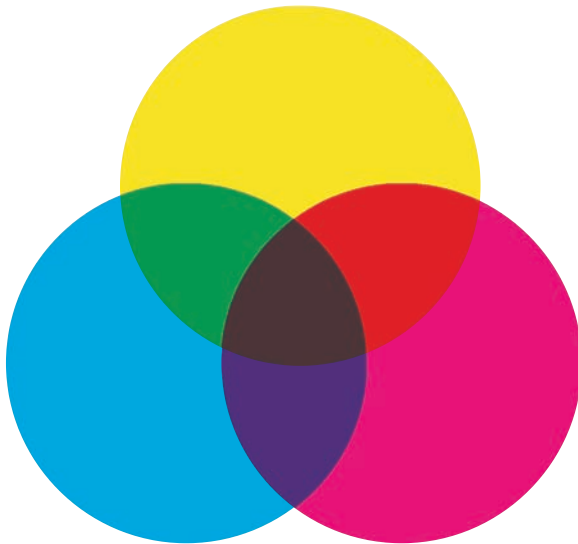
\* **Cones:** felizmente, os cones exibem diferentes sensibilidades (caso contrário, não haveria cores). Basicamente, distinguem-se três tipos de cones, sensíveis às radiações azul, verde e vermelho.

### 4. O CÉREBRO

O cérebro funciona como um receptor. A vista, como vimos, separa os componentes da luz que incide na retina por meio dos cones e retransmite essas faixas separadamente ao cérebro que faz, novamente, a integração da cor irradiada pelo objeto observado.

### 5. CORES FUNDAMENTAIS

Como já foi exposto, as cores do espectro são sete: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Os coloristas chamam de cores fundamentais o vermelho, amarelo e azul, pois as demais podem ser obtidas pela combinação dessas. Por intermédio do triângulo das cores, podemos ilustrar bem as cores fundamentais e suas combinações binárias e ternárias.



**Figura 4** Triângulo das cores  
Triângulo de las colores

\* **Conos:** afortunadamente, los conos exhiben diferentes sensibilidades (caso contrario no habría colores). Básicamente, se distinguen tres tipos de conos, sensibles a las radiaciones azul, verde y rojo.

### 4. EL CEREBRO

El cerebro funciona como receptor. La vista, como vimos, separa los componentes de la luz que inciden en la retina por medio de los conos y retransmite estas bandas separadamente al cerebro que hace nuevamente la integración del color irradiado por el objeto observado.

### 5. COLORES FUNDAMENTALES

Como ya fue explicado, los colores del espectro son siete: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, anil, violeta. Los coloristas llaman colores fundamentales al rojo, amarillo, y azul, pues los demás pueden ser obtenidos por la combinación de éstos. Por intermedio del triángulo de colores podemos ilustrar bien los colores fundamentales y sus combinaciones binarias y ternarias.

## 6. CONCEITO DE COLORIMETRIA

### 6.1 Introdução

La colorimetría consiste en la técnica de medición del color. De la misma forma como es posible medir tamaños o superficies como por ejemplo, las dimensiones de un objeto, la velocidad de un cuerpo o la energía producida por una turbina, podemos cuantificar la impresión sensorial del color. Para eso es necesario normalizar las fuentes luminosas y la sensibilidad de ojo humano. La sensación subjetiva es transformada en datos objetivos expresados en números.

### 6.2 Propiedades especiales de la fuente luminosa

Como ya vimos, denominamos a la luz como la banda de radiación electromagnética entre 400-700 nm, la cual constituye la radiación visible para seres humanos.

Llamamos a la distribución espectral de un iluminante a la cantidad de energía irradiada por el iluminante en un intervalo de extensión de onda.

## 6. CONCEITO DE COLORIMETRIA

### 6.1 Introdução

A colorimetria consiste na técnica de medição de cor. Da mesma forma como é possível medir grandezas como as dimensões de um objeto, a velocidade de um corpo ou a energia produzida por uma turbina, podemos quantificar a impressão sensorial da cor. Para isso se fez necessário normalizar as fontes luminosas e a sensibilidade do olho humano. A sensação subjetiva é transformada em dados objetivos expressos em números.

### 6.2 Propriedades espectrais da fonte luminosa

Como já vimos, denominamos *luz* a faixa de radiação eletromagnética entre 400 e 700 nm, a qual constitui a radiação visível para seres humanos.

Chamamos de *distribuição espectral de um iluminante* a quantidade de energia irradiada pelo iluminante em um inter-

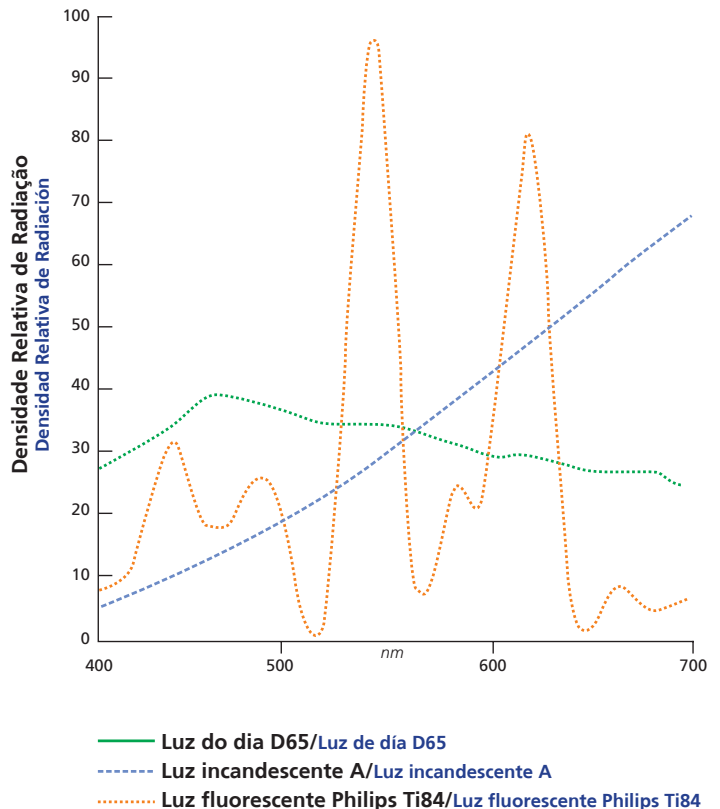


Figura 5 Distribuição energética dos iluminantes  
Distribución energética de los iluminantes

valo de comprimento de onda. A distribuição espectral do iluminante também é denominada:

- \* Distribuição energética do iluminante
- \* Densidade de radiação espectral

Em colorimetria fazem-se medições de cor em um espectrofotômetro sob fontes de luz normalizadas. As fontes de luz empregadas são:

- \* D 65 = iluminante padrão para luz do dia (Daylight – 6500°K)
- \* A = iluminante que corresponde a lâmpadas incandescentes (2856°K)
- \* TL 84 = iluminante que corresponde à luz fluorescente Philips TL 84 (4000°K)

### 6.3 Propriedades espectrais do objeto observado

O grau de remissão ou reflexão espectral de uma determinada superfície corresponde à porcentagem de luz refletida em cada faixa da luz visível (usualmente mede-se em intervalos de

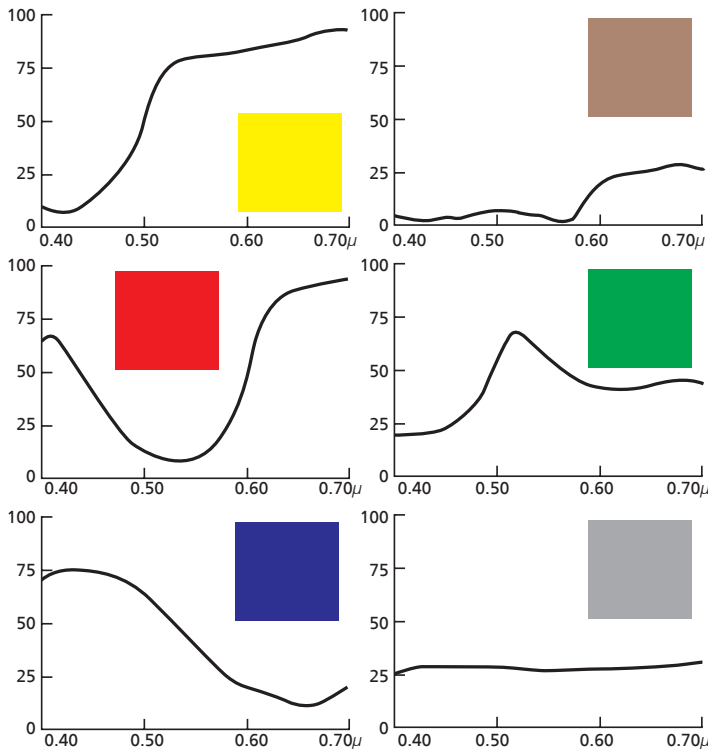


Figura 6 Exemplo de curvas de remissão  
Ejemplo de curvas de remisión

La distribución espectral del iluminante también es denominada:

- \* Distribución energética del iluminante
- \* Densidad de radiación espectral

En colorimetría se hacen mediciones de color en un espectrofotómetro sólo para fuentes de luz normalizadas. Las fuentes de luz empleadas son:

- \* D 65 = iluminante patrón para luz de día (daylight 6500°K)
- \* A = iluminante que corresponde a las bombillas incandescentes (2856°K)
- \* TL 84 = iluminante que corresponde a la luz fluorescente Philips TL 84 (4000°K)

### 6.3 Propiedades espectrales del objeto observado

El grado de remisión o reflexión espectral de una determinada superficie corresponde al porcentaje de luz reflejada en cada banda de luz visible (usualmente se mide en intervalos de 10 nm). Es por lo tan-



to, la relación entre la luz reflejada y la luz incidente en cada longitud de onda.

El grado de remisión de una teñida es expresado mediante una curva de remisión.

El blanco sería teóricamente una reflexión de 100% en toda la banda de luz visible y el negro 0%. Las propiedades espectrales del sustrato colorido son independientes de la fuente luminosa.

La luz proveniente de una superficie colorida y que vaya a sensibilizar el ojo humano depende, por lo tanto, de las propiedades espectrales del iluminante y del grado de remisión del objeto observado.

## 6.4 Percepção del color – a la vista humana

Como vimos anteriormente, los rayos reflejados por la superficie colorida van a sensibilizar la retina donde están localizados los conos y bastones. Hay tres tipos de conos, respectivamente sensibles a las fajas de radiación amarilla, roja y verde.

No será posible determinar teóricamente estas sensibilidades, Científicos, sin embargo, mediante experimentos en grupos de observadores, establecieron las tres curvas medias de la sencibilidad del ojo humano y que fueron denominadas curvas patrones de valor espectral (sensibilidad relativa) y representadas por: z para sensibilidad del azul, y para el verde y x para el rojo.

10 nm). É, portanto, a relação entre a luz refletida e a luz incidente em cada comprimento de onda. O grau de remissão de um tingimento é expresso mediante uma curva de remissão.

O branco teria teoricamente uma reflexão de 100% em toda a faixa de luz visível e o preto, 0%. As propriedades espectrais do substrato colorido independem da fonte luminosa.

A luz proveniente de uma superfície colorida é que vai sensibilizar o olho humano observado, depende, portanto, das propriedades espectrais do iluminante e do grau de remissão do objeto observado.

## 6.4 Percepção da cor – a vista humana

Como vimos anteriormente, os raios refletidos pela superfície colorida vão sensibilizar a retina, onde estão localizados os cones e bastonetes. Há três tipos de cones, respectivamente sensíveis às faixas de radiações amarela, vermelha e verde.

Não seria possível determinar teoricamente essas sensibilidades. Cientistas, porém, mediante experimentação em grupos de observadores, estabeleceram as três curvas médias de sensibilidade do olho humano e que foram denominadas *curvas padrão de valor espectral* (sensibilidades relativas) e representadas por: z para sensibilidade ao azul, y para verde e x para vermelho.

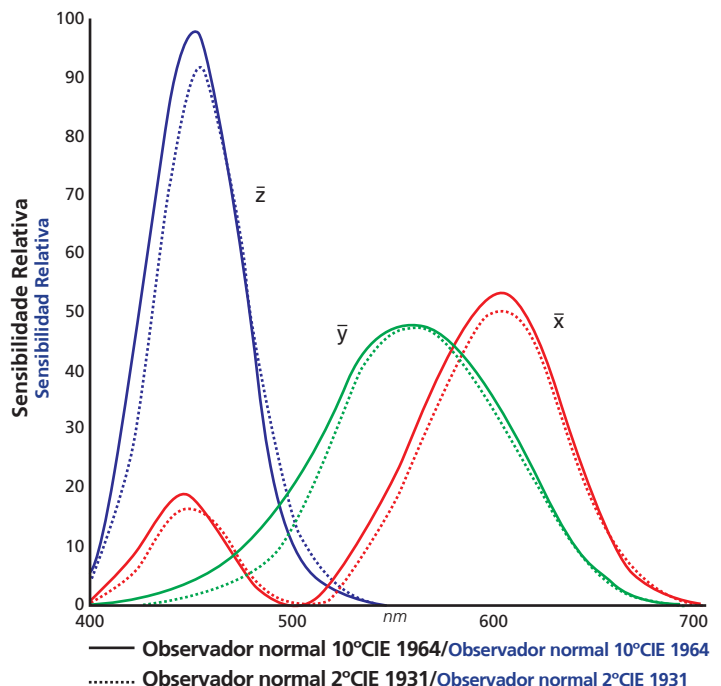


Figura 7 Curvas de valor espectral do olho humano  
 Curvas de valor espectral del ojo humano



### 6.5 Ação conjunta dos fatores que provocam a sensação de cor (segundo Mac Adam/Tappi – 1955)

R = curva de remissão

S = curva de distribuição energética do iluminante

x, y, z = curvas padrão do valor espectral

X, Y, Z = valores cromáticos (vide item 6.6.)

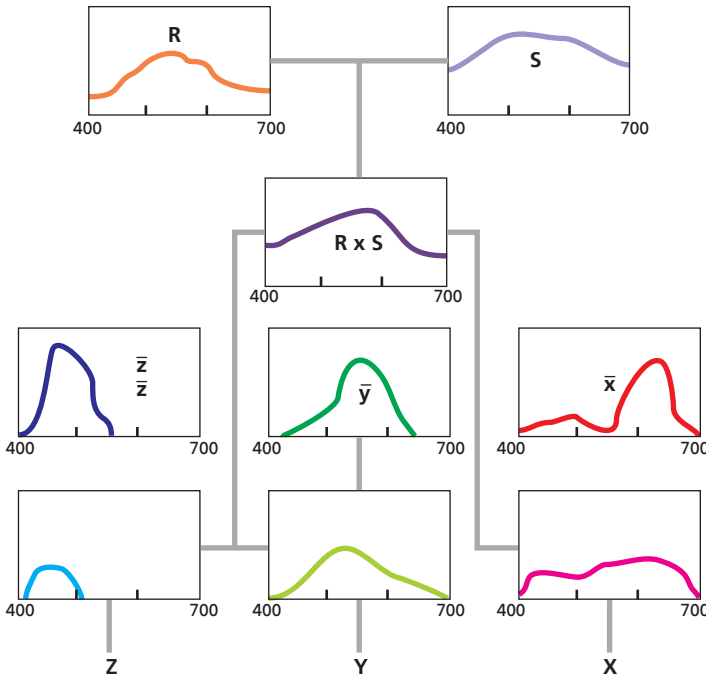


Figura 8 Ação conjunta dos fatores que provocam a sensação de cor  
Acción conjunta de los factores que provocan la sensación de color

### 6.6 Valores cromáticos (valores tristímulus)

Correspondem à soma dos produtos da distribuição espectral do iluminante (S) pelo fator de remissão espectral (R) pelos fatores relativos à sensibilidade relativa do olho humano (x, y, z).

Na Figura 9:

S(∂): distribuição espectral do iluminante

R(∂): remissão da superfície colorida

x(∂), y(∂), z(∂): sensibilidade relativa do olho

X, Y, Z: valores cromáticos (valores tristímulus)

$$X = \sum_{400}^{700} S(\partial) \cdot R(\partial) \cdot x(\partial)$$

$$Y = \sum_{400}^{700} S(\partial) \cdot R(\partial) \cdot y(\partial)$$

$$Z = \sum_{400}^{700} S(\partial) \cdot R(\partial) \cdot z(\partial)$$

Figura 9 Valores tristímulus  
Valores tristímulus

### 6.5 Acción conjunta de los factores que provocan la sensación del color (segundo Mac Adam/ Tappi – 1955)

R = curva de remisión

S = curva de distribución energética del iluminante

x, y, z = curvas patrones del valor espectral

X, Y, Z = valores cromáticos

### 6.6 Valores cromáticos (valores tristímulus)

Corresponde a la suma de los productos de la distribución espectral del iluminante (S) por el factor de remision espectral (R) por factores relativos a la sensibilidad relativa del ojo humano (x, y, z).

En la Figura 9:

S(∂): distribución espectral del iluminante

R(∂): remisión de la superficie colorida

x(∂), y(∂), z(∂): sensibilidad relativa del ojo

X, Y, Z: valores cromáticos (valores tristímulus)

### 6.7 Coordenadas cromáticas (x,y)

Corresponde a las relaciones de los valores cromáticos normales (X o Y) por la suma X + Y + Z.

Los valores tristímulos pueden ser colocados en un sistema de coordenadas tridimensionales; así, cada color ocuparía un determinado punto en el sistema.

La distancia entre dos colores semejantes puede ser la medida de la diferencia de color perceptible. En este sistema conforme al color y su posición en el gráfico, hay mayor o menor sensibilidades en las diferencias de color.

Lamentablemente, todavía, no fue desarrollado un sistema en que los espacios de colores fuesen equitativos sensorialmente. Mediante las coordenadas cromáticas x y fue creado el diagrama de cromaticidad CIE.

### 6.7 Coordenadas cromáticas (x, y)

Corresponde a relação dos valores cromáticos normais (X ou Y) pela soma X+Y+Z.

Os valores tristímulos podem ser colocados em um sistema de coordenadas tridimensional e, assim, cada cor ocuparia um determinado ponto no sistema.

$$X = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$Y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Figura 10 Coordenadas cromáticas  
Coordenadas cromáticas

A distância entre duas cores semelhantes pode ser a medida da diferença de cor perceptível. Nesse sistema, conforme a cor e sua posição no gráfico, há maior ou menor sensibilidade às diferenças de cor.

Lamentavelmente, ainda não foi desenvolvido um sistema em que os espaços de cores fossem equidistantes sensorialmente. Mediante as coordenadas cromáticas x e y foi criado o diagrama de cromaticidade, CIE.

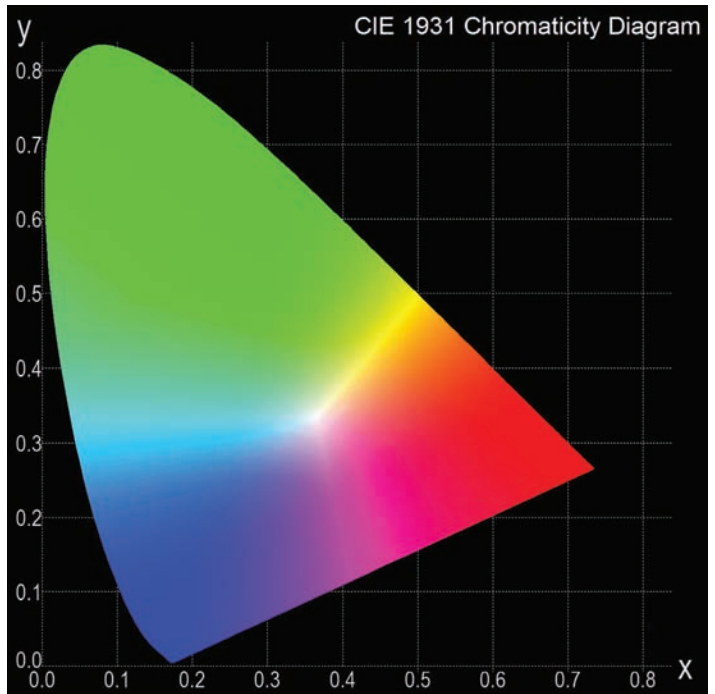


Figura 11 Diagrama de cromático, conforme CIE  
Diagrama cromático, conforme CIE

## 6.8 Sistema CIELAB

No decorrer dos anos, foram desenvolvidas numerosas equações matemáticas no sentido de criar outros sistemas de coordenadas, sempre procurando definir espaços colorimétricos equidistantes.

Atualmente, na indústria têxtil, é adotado o sistema CIELAB. Trata-se de um sistema de coordenadas retangular, cujos eixos são designados por:

- \*  $L^*$ : claridade – eixo vertical cuja base é o preto e o topo branco.
- \*  $a^*$ : eixo vermelho/verde
- \*  $b^*$ : eixo amarelo/azul

Atualmente, são mais empregados os valores:

- \*  $L^*$ : claridade
- \* Ângulo  $h^*$ : hue – tonalidade
- \* Raio  $C^*$ : chroma – indica a pureza da cor

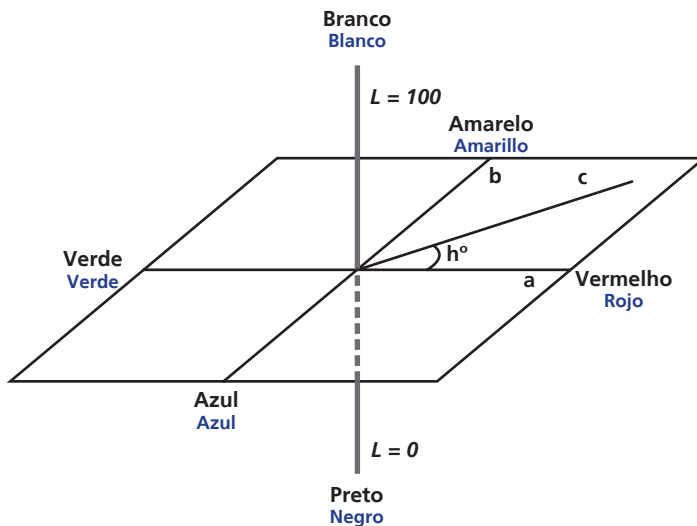


Figura 12 Sistema de coordenadas CIELAB  
Sistema de coordenadas CIELAB

## 6.9 Diferenças de cor

As instalações de colorimetria estão preparadas para medições de diferença de cor entre tingimento padrão e tingimento ensaio.

Sejam:

Coordenadas do tingimento padrão:  $a^*_p, b^*_p, L^*_p, C^*_p, h^*_p$

Coordenadas do tingimento ensaio:  $a^*_e, b^*_e, L^*_e, C^*_e, h^*_e$

## 6.8 Sistema CIELAB

En el transcurso de los años, fueron desarrolladas numerosas ecuaciones matemáticas en el sentido de crear otros sistemas de coordenadas, siempre, procurando definir espacios colorimétricos equidistantes.

Actualmente, en la industria textil, es adoptado el sistema CIELAB, Se trata de un sistema de coordenadas rectangular, cuyos ejes son designados por:

- \*  $L^*$ : intensidad – eje vertical cuyo punto más bajo es el negro y punto más alto es el blanco
- \*  $a^*$ : eje rojo/verde
- \*  $b^*$ : eje amarillo/azul

Actualmente son más empleados los valores:

- \*  $L^*$ : intensidad
- \* Ângulo  $h^*$ : hue – tonalidad
- \* Radio  $C^*$ : chroma – indica la pureza del color

## 6.9 Diferencias de color

Las instalaciones de colorimetría están preparadas para mediciones de diferencia de color entre tintura patrón y tintura ensayo.

Coordenadas de la tintura patrón:

$a^*_p, b^*_p, L^*_p, C^*_p, h^*_p$

Coordenadas de la tintura ensayo:

$a^*_e, b^*_e, L^*_e, C^*_e, h^*_e$

Diferencia total de color:  $\Delta E$

$$\Delta a^* = a^*_e - a^*_p$$

$$\Delta b^* = b^*_e - b^*_p$$

$$\Delta L^* = L^*_e - L^*_p$$

$$\Delta C^* = C^*_e - C^*_p$$

$$\Delta h^* = h^*_e - h^*_p$$

Fórmulas:

$$\Delta E = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta h^* = (\Delta E^2 - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2})^{1/2}$$

La diferencia residual del color: es la diferencia de color que permanece después ajuste en gráfico del valor  $L^*_p$  para el valor  $L^*_e$ .

## 6.10 Metamerismo y constancia de color

Cuando dos muestras presentan colores iguales bajo determinado iluminante y varían cuando son sometidos al otro iluminante, decimos que este par de colores es metamérico o condicionalmente igual. A este fenómeno denominamos Metamerismo.

Mediante los valores tristímulos X, Y, Z, el metamerismo es fácilmente explicable. Dos muestras son iguales cuando sus valores X, Y y Z son iguales bajo el mismo iluminante. Esta premisa indudablemente es satisfecha si las dos muestras presentan una curva de remisión idénticas. Por lo tanto es posible obtener valores tristímulos idénticos, igualmente con pares de curvas de remisión diferentes, una vez que los valores son obtenidos por sumatorias. En este último caso tendríamos un par de colores metaméricos.

## 7. EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN COLORIMÉTRICA

Es necesario tener un espectrofotómetro y una computadora.

Diferença total de cor:  $\Delta E$

$$\Delta a^* = a^*_e - a^*_p \quad \Delta b^* = b^*_e - b^*_p \quad \Delta L^* = L^*_e - L^*_p$$

$$\Delta C^* = C^*_e - C^*_p \quad \Delta h^* = h^*_e - h^*_p$$

Fórmulas:

$$\Delta E = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta h^* = (\Delta E^2 - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2})^{1/2}$$

Diferença residual de cor: é a diferença de cor que permanece após ajuste em gráfico do valor  $L^*_p$  para o valor  $L^*_e$ .

## 6.10 Metameria e constância de cor

Quando duas amostras apresentam cores iguais sob determinado iluminante e divergem quando submetidas a outro iluminante, dizemos que esse par de cores é metamérico ou condicionalmente igual. A esse fenômeno denominamos *metameria*.

Mediante os valores tristímulos X, Y, Z a metameria é facilmente explicável. Duas amostras são iguais quando os seus valores X, Y e Z são iguais sob o mesmo iluminante. Essa premissa indubitavelmente é satisfeita se as duas amostras apresentarem curvas de remissão idênticas. No entanto, é possível obter valores tristímulos idênticos, mesmo com pares de curvas de remissão diferentes, uma vez que os valores X, Y e Z são obtidos por somatórias. Nesse último caso, teríamos um par de cores metaméricas.

Muitos técnicos fazem confusão entre metameria e constância de cor. Quando um único tingimento varia demasiadamente com a variação do iluminante, dizemos que não há constância de cor. Portanto, para constatar a existência de metameria é necessário se comparar um par de tingimentos, enquanto que a constância de cor é propriedade de um único tingimento. Assim, nunca podemos afirmar, ao examinar um único tingimento, que ele é metamérico. Nesse caso, somente podemos dizer que o tingimento tem uma maior ou menor constância de cor.

## 7. INSTALAÇÕES PARA MEDIÇÃO COLORIMÉTRICA

Usam-se instalações contendo um espectrofotômetro e um microcomputador.

No espectrofotômetro, faz-se a medição do grau de remissão espectral da amostra colorida em 16 comprimentos de onda, entre 400 e 700 nm. Para isso, há necessidade de um mono ou

policromador e de uma fonte luminosa (usam-se lâmpadas de flash de xenônio ou lâmpadas incandescentes de halogênio)<sup>1</sup>. Existem diversos programas colorimétricos (softwares) para os computadores:

- \* De medição do espectrofotômetro e de armazenagem no disco rígido, dos valores de remissão
- \* De medição de coordenadas cromáticas, diferenças de cor, metameria, grau de brancura, de acordo com diversas fórmulas
- \* Para formulação de receitas e cálculo de correções
- \* Para formulação de receitas, permitindo a impressão das receitas completas para tinturaria

São também implantadas no computador:

- \* As curvas de distribuição espectral dos diversos iluminantes e
- \* As curvas padrão do valor espectral da vista

No início, trabalhava-se com sistemas de medição com três filtros que determinavam as três coordenadas cromáticas, para um ou dois iluminantes. Essas instalações estão obsoletas e empregam-se atualmente espectrofotômetros de alta resolução.

### 8. APLICAÇÕES DA COLORIMETRIA

- \* Formulação e correções de receitas
- \* Avaliação de solidez
- \* Controle de qualidade de corantes ou de tingimentos
- \* Determinação de grau de brancura

En el espectrofotómetro se hace la medición del grado de remisión espectral de la muestra colorida en 16 longitud de onda, entre 400-700nm. Para esto se debe tener un mono o policromador y una fuente luminosa (se usan bombillas de flash de xenon o bombillas incandescentes de halógeno).

Existen diversos programas colorimétricos para las computadoras:

- \*Medición del espectrofotómetro y de almacenamiento en el disco duro, de los valores de remisión
- \*De medición de coordenadas cromáticas, diferencias de color, metamerismo, grado de blancura
- \*De acuerdo con diversas fórmulas
- \*Para formulación de recetas y cálculo de correcciones
- \*Para formulación de recetas que permitan la impresión de las recetas para tintorería

Son también instalados en la computadora:

- \*Las curvas de distribución espectral de los diversos iluminantes
- \*Las curvas patrones del valor espectral de la vista

En el inicio se trabajo con los sistemas de medición con tres filtros que determinan las tres coordenadas cromáticas, para uno o dos iluminantes. Estas instalaciones están hoy obsoletas y son remplazados actualmente por espectrofotómetros de alta resolución.

### 8. APLICACIONES DE LA COLORIMETRÍA

- \*Formulación y correcciones de recetas
- \*Evaluación de solidez
- \*Control de calidad de colorantes y tinturas
- \*Determinación del grado de blancura

<sup>1</sup> Para estudos mais profundos recomendamos a publicação: B. Meyer, H.R. Zollinger. *Colorimetria*. Basileia: Sandoz AG, 1989.