

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

## **ENGENHARIA QUÍMICA**

### **RELATO DE EXPERIÊNCIA: A IMPORTÂNCIA DA INSTRUMENTAÇÃO ÓPTICA NO APERFEIÇAMENTO DA FLEXOGRAFIA**

**GIOVANNA DE ASSIS SOUZA**

**Rio Verde, GO**

**2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

**ENGENHARIA QUÍMICA**

**RELATO DE EXPERIÊNCIA: A IMPORTÂNCIA DA  
INSTRUMENTAÇÃO ÓPTICA NO APERFEIÇOAMENTO DA  
FLEXOGRAFIA**

**GIOVANNA DE ASSIS SOUZA**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Wesley Renato Viali

**Rio Verde – GO**

**Agosto, 2025**

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Giovanna de Assis Souza

Matrícula:

2020102203540279

Título do trabalho:

RELATO DE EXPERIÊNCIA: A IMPORTÂNCIA DA INSTRUMENTAÇÃO ÓPTICA NO APERFEIÇOAMENTO DA FLEXOGRAFIA

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 27 /08 /2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** GIOVANNA DE ASSIS SOUZA  
Data: 26/08/2025 17:29:02-0300  
Verifique em <https://validar.rii.gov.br>

Rio Verde - GO  
Local

26 /08 /2025  
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** WESLEY RENATO VIALI  
Data: 26/08/2025 19:02:07-0300  
Verifique em <https://validar.rii.gov.br>

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S729r Souza, Giovanna  
Relato de Eperiência: A Importância da Instrumentação Óptica  
no Aperfeiçoamento da Flexografia / Giovanna Souza. Rio Verde  
2025.  
26f. il.  
Orientador: Prof. Dr. Wesley Renato Viali.  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220354 -  
Bacharelado em Engenharia Química - Integral - Rio Verde  
(Campus Rio Verde).  
I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 61/2025 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos vinte dias do mês de agosto de 2025, às 20 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Prof. Dr. Wesley Renato Viali, Prof. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali e Profa. Dra. Raphaela Gabri Bitencourt, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "A IMPORTÂNCIA DA INSTRUMENTAÇÃO ÓPTICA NO APERFEIÇOMENTO DA FLEXOGRAFIA " da estudante Giovanna de Assis Souza, Matrícula nº 2020102203540279 do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Dr. Wesley Renato Viali  
Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali  
Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Dra. Raphaela Gabri Bitencourt  
Membro

#### **Observação:**

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wesley Renato Viali**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 20/08/2025 21:04:54.
- **Raphaela Gabri Bitencourt**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 20/08/2025 21:09:17.
- **Eloiza da Silva Nunes Viali**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 20/08/2025 21:11:18.
- **Geovana Rocha Placido**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 21/08/2025 09:07:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 19/08/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 734436  
**Código de Autenticação:** 55580c13a0



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3624-1000

## RESUMO

O presente trabalho tem como base as experiências adquiridas durante o estágio curricular em uma empresa fabricante de embalagens plásticas flexíveis do sudoeste goiano, com atuação voltada ao setor de impressão. As atividades desenvolvidas possuem foco na casa de tintas, abrangendo desde a aprovação de lotes de tintas recebidos, até a liberação de cores específicas para a produção em máquina. A rotina de controle de qualidade envolve a utilização de análises químicas instrumentais de sistemas ópticos de alta precisão, o aparelho implantado no processo é espectrofotodensitômetro, que mede a refletância da luz e fornece parâmetros fundamentais para definir a cor e a diferença quantitativa entre um padrão e a amostra o delta E ( $\Delta E$ ), possibilitando a identificação de variações de tonalidade. Além da utilização de softwares especializados, como o Apollo, para verificação de falhas durante o processo de impressão em banda larga. Este trabalho demonstrou que a coleta e análise de dados permitem um monitoramento eficaz do processo flexográfico, assegurando fluidez operacional e a manutenção dos padrões de qualidade exigidos, desenvolvendo uma rotina industrial com excelência.

**Palavras-chave:** Cor; Controle de Qualidade; Espectro; Variações de tonalidade; Tinta.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
2.1 Flexografia.....	6
2.2 Propriedades da Cor.....	7
2.3 Componentes Flexográficos que Determinam a Cor.....	9
2.4 Indústria 4.0.....	9
2.4.1 Sistema Óptico Print Vision/ Apollo.....	10
2.5 Espectrofotômetros.....	10
2.6 Tintas.....	12
<b>3.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO</b> .....	14
3.1 Análises de Recebimento de Tintas.....	14
3.1.1 Viscosidade.....	15
3.1.1 Secagem e Confeção de Puxes.....	16
3.1.2 Cor.....	17
3.2 Análise Instrumental na Produção em Bancada.....	19
3.3 Variáveis no Processo de Impressão e a Importância das Análises Ópticas .....	21
3.3.1 Análise Visual e Instrumental.....	22
<b>4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	24
<b>5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

A flexografia é um processo de impressão em relevo, amplamente utilizada para produção de embalagens flexíveis e rotulagem, possui alto impacto no comércio mundial, com estimativa de crescimento de 2,6% ao ano no período de 2022 a 2027 movimentando cerca de US\$196,4 bilhões, segundo levantamentos da Alpha Clichéria (2025). Originou-se no século XX, evoluindo de forma assertiva, e tornou-se uma das principais formas de impressão utilizadas na indústria de embalagens por sua ampla capacidade em imprimir em variados substratos.

Em indústrias de plásticos flexíveis o processo se consolidou devido a sua alta velocidade de produção, custos acessíveis e adaptação aos diferentes substratos provenientes da extrusão. Além disso, possibilita o uso de tintas de rápida secagem, como as tintas à base de solvente, que atendem de forma ampla os requisitos da indústria alimentícia e de bens de consumo (ABTG, 2012).

Para um bom desempenho do processo flexográfico é necessário amplo conhecimento das tintas utilizadas por parte dos profissionais responsáveis pela área, pois o insumo influencia diretamente nos parâmetros de cor, brilho, luminosidade e compatibilidade com o produto final. A compatibilidade em questão diz respeito a propriedade do pigmento utilizado, podendo adicionar resistência à luz, ácidos e álcalis (SCARPETA, 2007).

Outro parâmetro essencial para garantir a padronização da cor na impressão é a escolha do cilindro anilox. Esse componente é responsável pela transferência controlada de tinta para o clichê, proporcionando uma deposição eficaz sobre o filme. O cilindro é gravado a laser e classificado de acordo com sua capacidade de armazenamento de tinta nas células. A quantidade de insumo que o anilox carrega influencia diretamente na intensidade da cor no material impresso e sua escolha depende das necessidades específicas da produção (ABTG, 2012).

A impressão conta com uma grande gama de cores com matizes muito próximas, e para atender os padrões de qualidade estabelecidos pela própria indústria, pelos clientes e normas reguladoras. Segundo Toledo (2023), a cor é um parâmetro com alta necessidade de análises quantitativas, pois a percepção visual do olho humano pode sofrer diversos déficits a depender da iluminação, contraste com cores de fundo e objetos próximos, fadiga por cansaço, dentre outros.

A cor é conceituada como uma sensação ocular decorrente da ação da luz. Para suprir as limitações da percepção visual, a análise instrumental é aplicada, utilizando dispositivos que emitem iluminação padronizada, possibilitando a leitura objetiva das características cromáticas (TOLEDO, 2023).

O mercado flexográfico usa muito o suporte de tecnologias para melhoramento de processos. Seguindo os princípios de tendências emergentes de López-Gómez et al. (2013), o uso de sistemas computadorizados é uma solução essencial para Indústria 4.0, pois padronizam processos, os tornando mais adaptáveis, tornando a tomada de decisões do colaborador a cerca de um erro encontrado mais assertiva. Uma das áreas que os mesmos citam estar em crescimento é a principal para o meio da impressão que é a fotônica responsável pela detecção de falhas em imagens e digitalização da mesma dentre outros benefícios. A integração da tecnologia com a área de impressão possibilita um monitoramento em tempo real, com detecção imediata de desvios como o de cor, erros de gravação, priorizando o ideal da atual revolução que é a redução de perdas.

Dessa maneira, este trabalho trata-se de um relato de estágio, no qual busca demonstrar a importância do monitoramento e controle de fatores fundamentais como a viscosidade e a cor da tinta no processo de impressão, evidenciando como esses parâmetros, aliados à correta especificação e uso dos rolos anilox, os quais são responsáveis pela deposição de tinta no substrato, influenciaram diretamente na qualidade do produto final. A partir dessa análise, busca-se destacar a importância de práticas precisas e o quanto a inserção de tecnologias asseguram uma maior padronização e eficiência no setor gráfico.

## **2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Flexografia**

A flexografia é um processo de impressão gráfica que utiliza clichês (geralmente produzidos em material de borracha ou fotopolímero com alto-relevo) para transferir a tinta líquida ao substrato. Essa tinta é aplicada de forma precisa por meio do cilindro anilox, responsável pela dosagem controlada da tinta. Ao longo dos anos, avanços tecnológicos contribuíram significativamente para a área, acarretando na melhoria da qualidade do processo, permitindo maior nitidez na impressão, fidelidade na reprodução de tonalidades e maior eficiência no controle de variáveis (ABTG, 2012).

A busca constante por qualidade impulsiona o método de impressão flexográfica em relação aos meios tradicionais como a retrogravura e o offset. As principais vantagens do método são advindas das tecnologias digitais e são elas: a elevada qualidade visual dos impressos, redução de custos operacionais e o aumento da produtividade. O último aspecto está diretamente ligado a capacidade das máquinas de operarem em alta velocidade, alcançando 400m/min com uma boa transferência de tinta (MAWDSLEY, 2021).

De acordo com Scarpeta (2007), a flexografia se beneficia com o uso de tinta líquidas, geralmente à base de solvente, que oferecem diversas vantagens ao processo, como melhor adesão

ao substrato, intensificação de cor e brilho, rápida secagem e baixo risco de migração para o conteúdo das embalagens. Essas características são cruciais, especialmente na impressão de embalagens alimentícias. O controle da tinta é um dos pontos mais sensíveis do processo, já que ela representa a camada final visível do impresso, sendo aquilo que será diretamente percebido pelo consumidor.

Sobre o controle de qualidade no processo, é possível afirmar que:

Em geral, a avaliação da qualidade da impressão é um processo complexo que pode ser conduzido por meio da definição das propriedades ópticas de uma impressão, ou seja, brilho, cor, espessura do filme de tinta seca, aumento do valor tonal (ou ganho de pontos) etc. Antes das medições dos parâmetros ópticos, a qualidade da impressão é verificada visualmente de acordo com a norma ISO 3664, na qual são especificados os requisitos mínimos de controle de qualidade visual e as condições de visualização (ZOLEK-TRYZNOWSKA et al, 2020, p. 2).

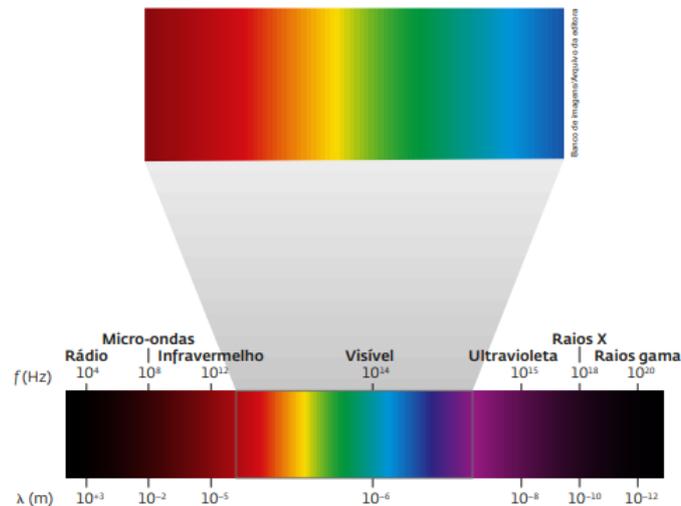
A norma internacional ISO 3664:2009 estabelece critérios rigorosos para a visualização padronizada de cores no meio gráfico, visando a consistência no controle de qualidade e minimizar as falhas de reprodução. Suas diretrizes abordam aspectos como iluminantes, angulação de observação (luz, imagem e olho) e variações tonais, assegurando que a avaliação visual não seja comprometida por reflexos especulares (brilho) ou condições inadequadas de iluminação (GTI GRAPHIC TECHNOLOGY, 2011).

## **2.2 Propriedades da Cor**

Cor é definida fisicamente como a sensação percebida por certas organizações nervosas oculares sob a ação da luz. A luz em contato com o objeto ou emitida por ele é então transmitida para o olho resultando em uma sensação cromática (SILVEIRA, 2015).

O olho humano limita-se a apenas uma parte do espectro visível e possui receptores tricromáticos, os cones, que respondem predominantemente às cores vermelha, verde e azul. A combinação dos sinais enviados por esses receptores forma a percepção de cores (TOLEDO, 2023).

Conforme a Figura 1, temos a representação do espectro de luz visível com representação do comprimento de onda no intervalo entre 400 e 700nm.

**Figura 1:** Espectro de luz visível

Fonte: LUZ, A.; ÁLVARES, B.; GUIMARÃES, C. 2016

Ainda no contexto da capacidade ocular, a ISO 3664:2009 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2009), estabelece que a análise visual não deve ser completamente substituída por métodos de leitura digital, pois é uma parte crítica do processo. A norma define os iluminantes adequados às atividades gráficas, a fim de assegurar condições ideais de observação. Para a impressão gráfica, recomenda-se o uso do iluminante padrão CIE D50, que apresenta elevado nível de fidelidade luminosa, favorecendo uma avaliação do observador.

Dando continuidade à evolução do entendimento sobre a cor, Silveira (2015) afirma que a teoria das cores passou por diversas evoluções, iniciando com os estudos de Newton e avançando com a contribuição de vários físicos ao longo do tempo, afim de desmistificar o conceito de cor e de criar uma padronização. Atualmente, essa padronização é responsabilidade da CIE (Comissão Internacional de Iluminação). Com esses avanços, foi possível decifrar o espectro de cores visíveis, iniciando pelo sistema de síntese aditiva, utilizada em dispositivos digitais, e posteriormente, pela síntese subtrativa, aplicada em processos de impressão gráfica.

De acordo com Van Hagen (1999), cada tonalidade espectral é resultado complementar da interação de todas as tonalidades. E a variação de cores está diretamente ligada ao efeito de iluminação, pois cada uma delas forma um efeito espacial baseado em componentes como o contraste de claro e escuro e a saturação.

A cor possui três propriedades principais: tonalidade, que se refere a própria cor (como vermelho, amarelo, azul ou verde), saturação que indica a intensidade da cor, e luminosidade que determina a quão clara ou escura ela é. Com base nessas propriedades define-se um conceito

tridimensional para o espaço de cor, atribuindo valores matemáticos que permitem operar geometricamente a variável (SCARPETA, 2007).

### **2.3 Componentes Flexográficos que Determinam a Cor**

De acordo com ABTG (2012), o cilindro anilox é o componente responsável pela deposição correta da camada de tinta sobre o filme, sendo possível uso de diversas lineaturas e volumes de transferência medido em BCM (bilhões de micras cúbicas por polegada quadrada), especificado de acordo com a necessidade da aplicação desejada.

“O sistema conhecido como *doctor blade* consiste em uma câmara fechada por duas lâminas metálicas que removem completamente a tinta da superfície do cilindro anilox, deixando-a exclusivamente no interior das células gravadas” (SCARPETA, 2007, p.146).

De acordo com Scarpeta (2007), no sistema de entintagem, a pressão aplicada entre o clichê e o substrato deve ser cuidadosamente controlada, a fim de evitar o ganho de ponto nas retículas e o excesso de tinta em chapados ou textos, o que pode prejudicar a secagem entre as cores e causar misturas ou borrões.

### **2.4 Indústria 4.0**

Segundo López-Gómez et al. (2013), com o aumento da gama de produtos na economia mundial cresce exponencialmente a necessidade de inovações e a Indústria 4.0 se destaca pelo aperfeiçoamento de processos ciberfísicos. Por meio do uso soluções de engenharia, possibilita a criação de processos adaptáveis, implementando softwares e sistemas computadorizados, promove melhorias, como a padronização dos processos, aumento da adaptabilidade, além o fornecimento de diagnósticos e prognósticos, possibilitando, assim, uma gestão mais eficiente dos dados.

A atual Revolução Industrial foca no aprimoramento de processos, vigorosamente apoia-se no uso de tecnologias e sistemas computadorizados, os quais tornam o processamento de dados mais eficiente e lucrativo, ao compilar e armazenar informações brutas e fornecer informações analíticas para criação de estratégias eficazes (GELCHIST, 2016).

Para manter constante a produção em alta velocidade com qualidade, a indústria flexográfica tem adotado sistemas automatizados capazes de identificar falhas em tempo real, como desvios de cor, desalinhamentos e imperfeições no texto ou imagem. Esses sistemas operam por meio de softwares especializados, o mais conhecido no meio é o patenteado pela *Advanced Vision Technology*, o qual emite alertas e otimiza o desempenho das impressoras, garantindo maior eficiência e padronização. Nesse contexto, os sistemas ópticos industriais se destacam como tecnologias chave no monitoramento contínuo do processo de impressão.

### 2.4.1 Sistemas Óptico Industriais

Uma das principais tendências do desenvolvimento industrial é a área da fotônica, responsável pela comunicação entre redes, detecção de imagens, aprimoramento da resolução de monitores, dentre outras aplicações (LÓPEZ-GÓMEZ et al., 2013). Partindo desse contexto, o monitoramento da impressão de embalagens em banda larga, por meio de sistemas de iluminação e representação simultânea dos dados captados, tornou-se uma grande busca para as indústrias do setor, o que impulsionou o desenvolvimento de softwares específicos para essa finalidade.

O Print Vision/Apolo é um sistema desenvolvido e disponibilizado pela AVT (Advanced Vision Technology), que assegura a qualidade do impresso por meio da aferição da malha. Ele detecta defeitos como variações de cor, falhas de registro e outras inconsistências durante o processo de impressão. A verificação é feita por um módulo com luz refletida, a luz transmitida é instalada em uma cabeça óptica equipada com câmeras, que emite as imagens registradas em um painel. O sistema armazena uma imagem padrão e, com base nela, identifica anomalias, emitindo alertas visuais e/ou sonoros (AVT, 2011).

A Figura 2 ilustra as câmeras integradas à cabeça óptica do sistema Print Vision, que captam continuamente as imagens durante o processo de impressão.

**Figura 2:** Câmeras na cabeça óptica do sistema Print Vision



Fonte: AVT – Advanced Vision Technology (2025).

### 2.5 Espectrofotômetros

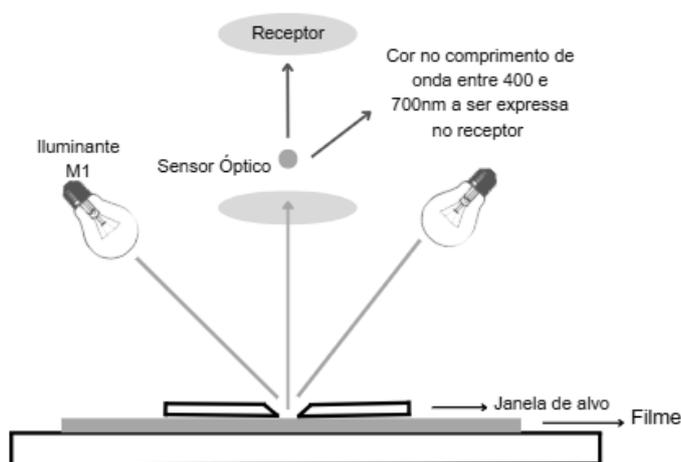
Segundo Skoog et al. (2005), os espectrofotômetros são instrumentos analíticos utilizados para quantificar a absorção de luz. Esses dispositivos empregam um monocromador ou policromador, possibilitando a seleção de comprimentos de onda específicos, além de um transdutor que converte a radiação detectada em sinais elétricos. A maioria dos espectrofotômetros opera principalmente nas regiões UV/visíveis estendendo-se até o infravermelho.

Os espectrofotodensitômetros são a evolução direta dos densitômetros de reflexão, que operavam com base na síntese aditiva RGB (vermelho, verde e azul). Diferentemente destes, os

novos modelos medem todo o espectro visível, processando a síntese subtrativa CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto). Eles capturam dados de refletância na faixa de 400 a 700 nm, com largura de banda de 10 nm, resultando em 31 pontos espectrais. A curva espectral obtida possibilita o cálculo de métricas matemáticas que definem coordenadas cromáticas, por muito denominada como o "DNA da cor" (MYERS, 2024).

A Figura 3 esquematiza o funcionamento padrão de um espectrofotodensitômetro, evidenciando os componentes necessários para a realização da leitura de cor. A base branca é utilizada como referência para medição e suporte do filme analisado, a delimitação da área de leitura é realizada pela janela de alvo. Internamente, o equipamento conta com dois iluminantes, um sensor óptico responsável por captar a luz refletida, identificar a cor na faixa do espectro visível e converter as informações em coordenadas que serão enviadas para o receptor.

**Figura 3:** Esquema espectrofotodensitômetro



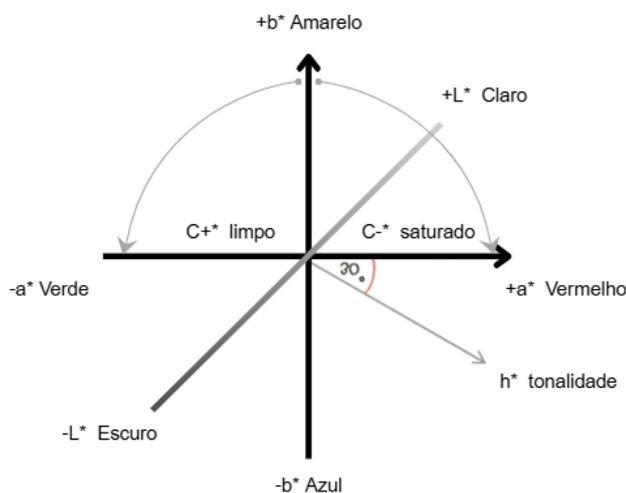
Fonte: Autoria própria

De forma complementar, Toledo (2023) afirma que, a partir das medições espectrais, é possível representar a cor em um plano cartesiano, denominado CIE  $L^*a^*b^*$ , em que  $L^*$  indica luminosidade, e  $a^*$  e  $b^*$  definem os eixos cromáticos (vermelho-verde e azul-amarelo). A distância em relação ao centro determina o cromatismo ( $C^*$ ), correspondente à saturação, enquanto o ângulo em torno do eixo indica a tonalidade ( $h^*$ ). A diferença entre duas cores pode ser expressa quantitativamente pelo valor de  $\Delta E$  (delta E).

Na representação gráfica dada pela Figura 4, é possível observar os parâmetros de medição espectral definidos pela CIE. Os eixos  $a^*$  e  $b^*$  indicam as dimensões cromáticas:  $a^*$  positivo a cor tende ao vermelho e negativo ao verde;  $b^*$  positivo tende ao amarelo e negativo o azul. A luminosidade ( $L^*$ ) varia entre preto e branco, valores positivos seriam mais claros e negativos mais escuros. A tonalidade é determinada pela angulação da cor em relação ao eixo  $a^*$ , enquanto a

saturação refere-se à distância do ponto central no plano  $a^*b^*$ , levando em consideração o sentido, caso tome sentido horário a cor é considerada saturada e anti-horário limpa. Todos os parâmetros são calculados automaticamente pelo espectrofotômetro.

**Figura 4:** Plano espectral CIE  $L^*a^*b^*$



Fonte: Autoria própria

## 2.6 Tintas

Tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerado líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies (FAZENDA,2005, p.8).

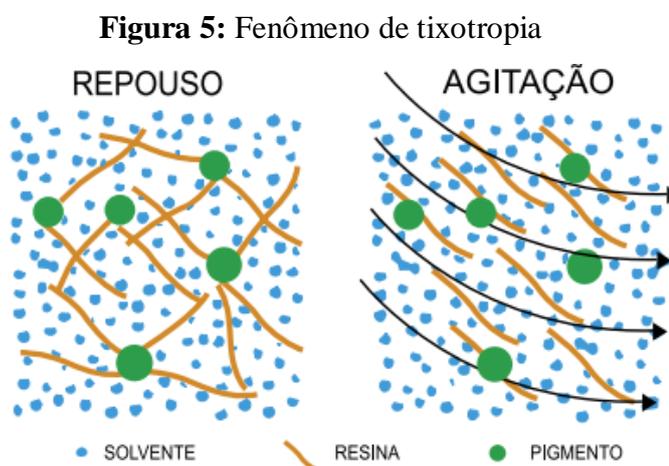
Ainda neste contexto, Fazenda (2005) define que os componentes básicos das tintas são as resinas, responsáveis por reunir e estabilizar as partículas do pigmento; os pigmentos, que conferem cor, opacidade e certas características de resistência; os aditivos, que proporcionam o aprimoramento das propriedades do produto; e os solventes, líquidos voláteis utilizados para dissolver a resina e ajustar a viscosidade.

Segundo Hamroush (2012), o uso de pigmentos na indústria de tintas para impressão apresenta vantagens significativas em relação aos corantes. Os pigmentos oferecem alta intensidade de cor, resistência química e térmica constantes, e não apresentam risco tóxico potencial. Além disso, o pigmento possui a propriedade de influenciar no brilho de uma tinta, dependendo do tamanho de suas partículas, característica que não pode ser controlada por meio do uso de corantes.

O ajuste da viscosidade é uma etapa essencial no controle de qualidade da impressão, pois determina a resistência da tinta ao escoamento, influenciando diretamente na qualidade da aplicação sobre o substrato. Essa medida é feita, em segundos, com o uso de um viscosímetro. O

controle adequado do parâmetro evita a perda de componentes por excesso de solvente e previne a tixotropia, denominada como uma falsa viscosidade, ocasionada pela atração molecular dos componentes em direção ao pigmento, que torna a tinta mais densa quando não agitada (SCARPETA, 2007).

A Figura 5, representa de forma simplificada o fenômeno de tixotropia ou falsa viscosidade de forma simplificada. A esquematização a esquerda exemplifica o fenômeno em uma tinta, com o agrupamento dos componentes ao pigmento, ocasionando o aumento na viscosidade. Já a da direita demonstra o momento de agitação simbolizado pelas setas, onde os componentes ficam dispersos na solução pela força de cisalhamento aplicada, abaixando a viscosidade.



Fonte: SCARPETA, E.2007

Acerca dos controles da tinta no processo, ABTG (2012) e Fazenda (2005) afirmam que a escolha da resina pelo fabricante é determinante para as propriedades de resistência físico-química, brilho, adesão e formação de uma película uniforme. O tempo de secagem da tinta também parte das propriedades resina, a mesma ocorre por oxidação com o oxigênio presente no ar, sendo influenciada pelo número de insaturações do polímero, bem como pela temperatura e umidade do ambiente.

Para uma boa aderência da tinta ao substrato, quatro aspectos devem ser considerados: estabilidade, continuidade, limpeza e umectação da superfície, os quais são relacionados a um tratamento homogêneo do material (HAMROUSH, 2012). Destaca-se, assim, a importância da qualidade do substrato para a qualidade do produto impresso, de modo a evitar problemas como a eletricidade estática, garantir uma superfície regular que favoreça a deposição de tinta e assegurar um tratamento corona eficiente.

A produção e o recebimento de tintas baseiam-se nos métodos de medição espectral do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  para um controle de qualidade. No entanto, é fundamental a prática de avaliações visuais, especialmente no que se refere ao poder tintorial e às variações de cor, pois

essas observações captadas pelo olho permitem identificar diferenças inaceitáveis no processo. Tais desvios impactam diretamente na formulação de cores secundárias (FAZENDA, 2005).

### **3.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO**

Durante o estágio realizado na empresa fabricante de embalagens plásticas flexíveis, localizada em Rio Verde – GO, foram desenvolvidas diversas práticas profissionais aliadas ao conhecimento teórico do curso, como atividades práticas relacionadas ao controle de qualidade no setor de impressão. Tais atividades contemplam as análises de recebimento de tintas, e controle na cadeia produtiva com base em métodos de medição espectral CIE  $L^*a^*b$  e avaliações visuais de cor.

Serão apresentados os resultados do uso de instrumentação óptica, como espectrofotômetros e softwares integrados a máquina, que permite maior precisão na padronização de cores e no controle de variáveis do processo. Aliando-se ao uso de *checklists* de produção, contribui para a correta montagem dos componentes da máquina, como cilindros anilox e fitas dupla face, facilitando o acerto de cor e a detecção de falhas operacionais.

#### **3.1 Análises de Recebimento de Tintas**

Antes da liberação da tinta para uso em produção, é imprescindível a realização de análises de recebimento, para que não haja discrepâncias no processo. Para isso a qualidade do lote recebido é comparada com o padrão estabelecido pelo fabricante. Na empresa, essas análises são conduzidas a cada novo fornecimento e abrangendo parâmetros como sólidos totais, tempo de secagem, viscosidade e variações tonais, com destaque ao valor de  $\Delta E$  (Delta E), que indica a diferença perceptível entre cores.

Cada código de tinta utilizado na planta possui um laudo técnico específico, no qual estão definidos os ranges dos valores de referência para cada propriedade. Os resultados obtidos nos testes devem estar dentro desses limites para que a tinta seja considerada apta ao uso no processo de impressão.

A Figura 6 apresenta um exemplo de laudo de recebimento, indicando se a análise deve ser realizada com a tinta pura ou diluída em solvente. Contando a viscosidade em segundos para facilitação do processo, mesmo não sendo uma unidade de medida específica.

**Figura 6:** Exemplo de um laudo de recebimento

DESCRIÇÃO: Vermelho 1		CÓDIGO - VM001
LOTE: 00001		
PROPRIEDADES	ESPECIFICAÇÕES	RESULTADO
Viscosidade (s)	18" a 22" (dil.60/40)ZII	19"
Sólidos (%)	35,2 a 38,2	37,80%
Secagem Bird 40 (s)	2'30" a 4'00" (dil.60/40)	3'20"

Fonte: Autoria própria

As análises direcionadas ao laboratório de tintas são as de viscosidade, secagem e cor. Já a análise de sólidos é de responsabilidade do laboratório de qualidade da empresa. Todos os resultados obtidos são descritos em um laudo técnico, e são comparados com os valores de referência indicados pelo fornecedor.

### 3.1.1 Viscosidade

Inicialmente, a amostra e o padrão são separados para a análise. Seguindo o exemplo da Figura 6, em que há diluição, utiliza-se uma balança semi analítica para auxiliar nas medições. Visando evitar desperdícios, é preparado um corpo amostral de 50 gramas, a diluição é feita em um copo de plástico rígido. São pesados separadamente 20 g de solvente e 30 g de tinta, o conteúdo é então agitado e, o mais rapidamente possível, realiza-se a análise de viscosidade.

O teste é simples, mas é necessário precisão por parte do analista, é realizado com o auxílio do copo Zahn II e um cronômetro. O viscosímetro representado pela Figura 7, possui um orifício em sua extremidade inferior, que deve ser obstruído pelo dedo indicador para permitir que seu recipiente seja totalmente preenchido pela tinta, assim que o dedo for retirado, o cronômetro deve ser acionado e a tinta começará a escoar. O tempo em segundos, deve ser anotado no exato momento em que houver o primeiro corte no “fio” de tinta.

**Figura 7:** Viscosímetro Zahn 2

Fonte: Autoria própria

A anotação de viscosidade em segundo, sem a utilização de uma unidade de medida correta, deve-se a praticidade na produção, e ao sistema da máquina flexográfica. Mas para vias de precisão analítica, principalmente para a calibração do CopoZanh 2 o fabricante, fornece meios para a conversão. Basicamente será calculada a viscosidade cinética, que são parcelas lineares da curva total do tempo, dada em  $\text{mm}^2/\text{s}$  pela fórmula:

$$V=k(t-C)$$

V =viscosidade  $\text{mm}^2/\text{s}$

k = 3,5  $\text{mm}^2/\text{s}^2$

t = tempo de escoamento em s

C = 14 s

### 3.1.2 Secagem e Confeção de Puxes

Para a secagem e confecção do puxes das tintas, são utilizados extensores que permitem uma aplicação uniforme em substratos como o vidro e o filme plástico. Para a secagem é feita uma puxada em velocidade uniforme sobre uma placa de vidro com o extensor Bird  $40\mu\text{m}$ , também com auxílio do cronômetro o tempo de secagem é estimado. Já para os puxes destinados a análise de cor, amostra e padrão são colocados lado a lado e puxados em velocidade e força constante com o extensor de  $10\mu\text{m}$  durante toda a extensão do filme. A Figura 8 apresenta de forma comparativa os dois extensores, à esquerda está o de  $40\mu\text{m}$  e à direita o de  $10\mu\text{m}$ .

**Figura 8:** Extensor Bird  $40\mu\text{m}$  e  $10\mu\text{m}$

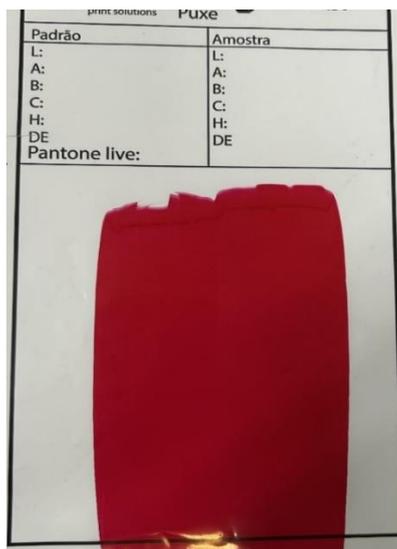


Fonte: Autoria própria

### 3.1.3 Cor

Conforme especificado anteriormente no procedimento e na literatura, o puxe confeccionado é utilizado para análises posteriores de cor. A Figura 9 apresenta o modelo padrão de puxe adotado pela empresa, comparando padrão e amostra, além de um espaço destinado à anotação das coordenadas de cor.

**Figura 9:** Puxe para análise de cor



Fonte: Autoria própria

A primeira etapa do processo de controle de cor no recebimento consiste na avaliação visual da tonalidade, realizada sob o iluminante correto padrão, o D50. A amostra é colocada a favor da luz permitindo identificar, de forma preliminar, desvios de tonalidade e variações na força tintorial.

Na sequência, é realizada a análise instrumental com o espectrofotodensitômetro X-Rite (eXact Standard). Esse equipamento mostrado na Figura 10 oferece diferentes modos de leitura, utilizando a fonte iluminante M1. As leituras são registradas segundo os sistemas CIE  $L^*a^*b^*$  e  $L^*c^*h$ .

**Figura10:** Modelo de espectrofotodensitômetro

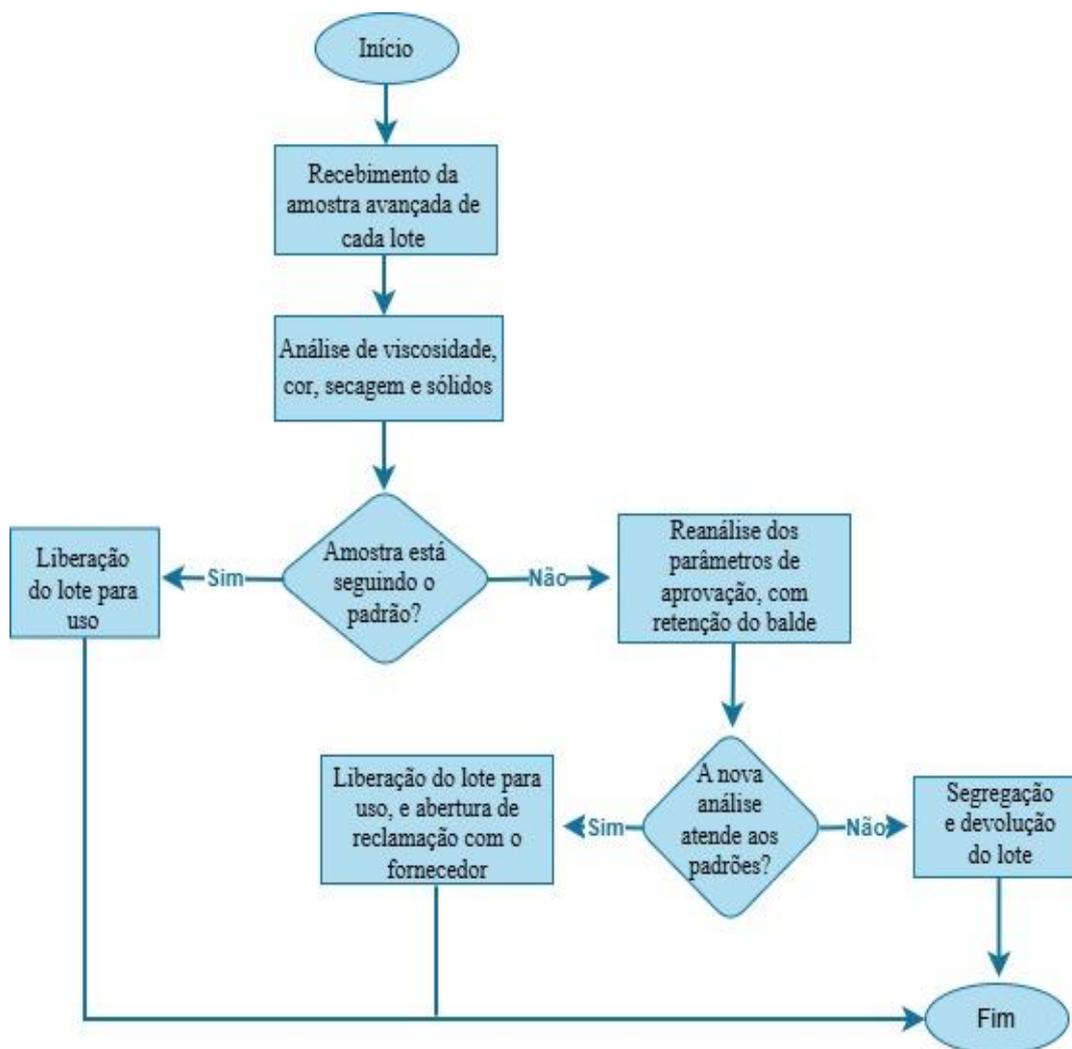


Fonte: X-Rite (2025).

Para garantir uma medição precisa, o equipamento é inicialmente calibrado com o substrato utilizado na amostra chamado de branco. Em seguida, realiza-se duas vezes a leitura do padrão de cor: a primeira armazena as coordenadas no sistema cartesiano e a segunda verifica a consistência do ponto de medição. Posteriormente a amostra é analisada, as coordenadas de cor encontradas no padrão devem ser registradas na parte superior esquerda do puxe, enquanto os valores de diferença de cor, aparecem no canto superior direito, possibilitando a detecção de variações qualitativas entre lotes, prevenindo desvios na reprodução de cores.

Além da medição de cor, o espectrofotodensitômetro também realiza a medição de densidade ótica para as cores do sistema subtrativo CMYK (Cyan, Magenta, Yellow e Black), podendo abranger também as cores para produção de gama expandida. Essas em especial são submetidas à medição de densidade em modo específico. É válido ressaltar que a densidade em questão não é uma propriedade física calculada por massa sobre volume, ela é um conceito de cor que se refere a quantidade de tinta disposta em uma área definida, também lida pela luz absorvida.

Como citado anteriormente, todos os valores obtidos nas análises devem ser registrados em um checklist interno da empresa, o qual contém as informações de: viscosidade, avaliação visual, sólidos, tempo de secagem, densidade e delta E. O lote será considerado aprovado, desde que todas as propriedades estejam dentro das especificações técnicas. Caso alguma das propriedades analisadas não atenda aos critérios, a ocorrência deve ser devidamente detalhada no relatório, e as ações corretivas devem ser tomadas conforme descrito no fluxograma da Figura 11.

**Figura11:** Fluxograma do recebimento de tintas

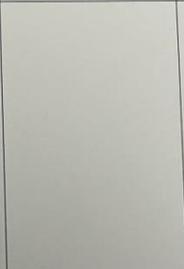
Fonte: Autoria própria

### 3.2 Análise Instrumental na Produção em Bancada

Os critérios de aprovação em máquina podem partir de várias vertentes, sendo elas: aprovação visual, comparação com a pasta do cliente, referência da última produção ou medição por espectrofotômetro. Independentemente do critério adotado, a utilização da instrumentação óptica é indispensável para a reprodução de cores ou o desenvolvimento de novas tonalidades com base na cartela Pantone.

Quando o pedido já foi produzido anteriormente, foi padronizado na empresa a elaboração de uma ficha de cor representada na Figura 12. Por meio dela, os coloristas de bancada conseguem analisar as cores do pedido anterior e seguir esse padrão. Assim como no processo de recebimento, realiza-se a calibração do substrato, a leitura do padrão duas vezes, e em seguida a amostra, que é a tinta em manipulação para produção. A ficha de cor também oferece informações como a dupla face e cilindro anilox utilizados.

Figura12: Modelo de ficha de cor

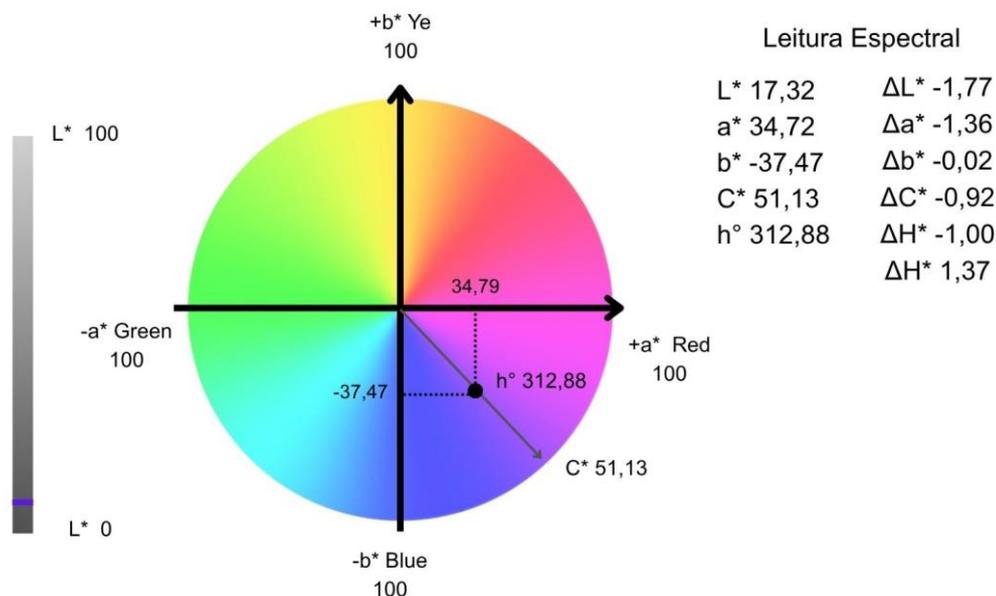
DATA: 26/06/2025				
COR 1				
RG: 873				
Anilox: 240 BCM: 6.5				
VISC.: 20"				
SECAGEM: 244				
D. F.: 1020E				
EXT. Nº: _____				
				
PUXE				
COR 6				
COR 7				
COR 8				
COR 9				
COR 10				
RG: 13	RG: 06	RG: 02	RG: _____	RG: _____
Anilox: 420 BCM: 2.5	Anilox: 420 BCM: 2.5	Anilox: 180 BCM: 8.0	Anilox: _____ BCM: _____	Anilox: _____ BCM: _____
VISC.: 19"	VISC.: 19"	VISC.: 20"	VISC.: _____	VISC.: _____
SECAGEM: 5102	SECAGEM: 320	SECAGEM: 116	SECAGEM: _____	SECAGEM: _____
D. F.: 1320E	D. F.: 1320E	D. F.: 1020E	D. F.: _____	D. F.: _____
EXT. Nº: _____	EXT. Nº: _____	EXT. Nº: _____	EXT. Nº: _____	EXT. Nº: _____
PUXE	PUXE	PUXE	PUXE	PUXE
				

Fonte: Autoria própria

Nos casos de clientes ou pedidos específicos cuja a cor pode variar devido à qualidade ou ao brilho do substrato, também é possível comparar a produção com uma galeria de padrões salva no sistema do espectrofotômetro da X-Rite. Para as medições de tintas em bancada, é mais usual a utilização do sistema  $L^*C^*h^\circ$  e dos valores de  $\Delta E$ , por facilitarem a interpretação das variações de saturação, luminosidade e tonalidade, otimizando o tempo de trabalho.

Para critérios de aprovação o mais ideal é que as coordenadas da tinta a ser enviada para a máquina estejam zeradas ou próximas de um, fora disso a tinta é considerada fora de padrão, mas também há variáveis no processo como: a diferença de anilox, viscosidade da tinta, pressão em máquina e qualidade de clichê que vão impactar na cobertura e entrega de tonalidade da tinta.

Seguindo os parâmetros de medição no sistema cartesiano que determina as coordenadas da cor no espaço CIE  $L^*a^*b^*$ , a Figura 13 esquematiza um exemplo da leitura espectral de uma cor, expressando sua posição no diagrama e comparando-a com a amostral.

**Figura13:** Exemplo de leitura espectral e diferença de duas cores

Fonte: Autoria própria

Partindo do exemplo apresentado e considerando que se trata de uma tinta desenvolvida para um processo de impressão, adota-se o ideal de Fazenda (2005), disserta que, a diferença entre duas tintas é expressa por  $\Delta$  (delta), sendo a subtração dos valores nominais do padrão de cor em  $L^*a^*b^*c^*h^*$ , comparados com os valores da amostra. Com conhecimento técnico do sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , é possível identificar se a tinta está mais clara, escura, limpa, suja, amarelada, azulada, dentre outros pontos. Nesse contexto,  $\Delta H$  representa a diferença angular de matiz e  $\Delta E$  a diferença total de cor, ou seja, à distância entre os pontos no espaço tridimensional da cor.

A partir da leitura realizada com o espectrofotômetro da Figura 13, é possível afirmar que a amostra se apresenta mais escura, com tendência esverdeada e azulada alterando a matiz, além de estar mais suja em comparação ao padrão de cor. Essas alterações afetam diretamente a percepção visual da tonalidade, tal análise só é possível devido à captação computadorizada dos sinais espectrais, acarretando em um meio essencial na garantia de qualidade da entrega de cor solicitada pelo cliente.

### 3.3 Variáveis no Processo de Impressão e a Importância das Análises Ópticas

Diversas variáveis são analisadas no processo de impressão flexográfica, mesmo seguindo o padrão de cores ou adotando critérios de aprovação estabelecidos para a formulação das tintas, alguns fatores podem ocasionar o surgimento de cores indesejadas. O primeiro fator está relacionado à limpeza inadequada ou ao esgotamento insuficiente das estações de tinta, o que pode acarretar em contaminação ou lavagem da tinta por excesso de solvente.

Outro fator relevante é a montagem da máquina sem seguir a padronização de seus componentes baseados na última produção, como os cilindros anilox, camisas, perfis dos clichês e fitas dupla face. A alteração de qualquer um desses componentes provoca variações visuais significativas, comprometendo o desempenho do processo produtivo. A depender das diferenças na montagem, há a necessidade de produzir uma nova tinta para atender às exigências da condição de impressão, o que inclui também a criação de uma nova pasta de cor ajustada ao novo critério. Ambos os fatores geram um tempo de acerto em máquina, pois o colorista precisa realizar novos ajustes com base na pasta padrão e na leitura espectral da cor.

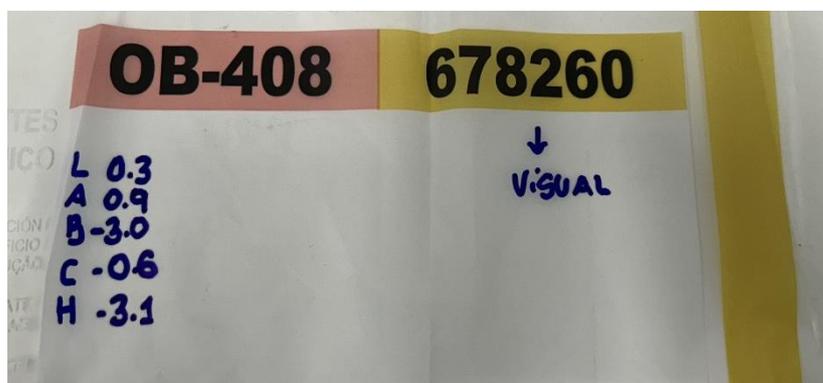
Ao iniciar uma produção é realizado o setup da máquina, no qual se utiliza um filme de menor gramatura, normalmente, o material de acerto é o PEAD (polietileno de alta densidade). O setup é de extrema importância na indústria flexografia, pois auxilia na garantia da reprodução decore, pois com tudo montado é possível fazer a medição em cada ponto na arte, realizando desde as áreas chapadas até a formação de pontos da cromia, avaliando a densidade de cada uma.

### 3.3.1 Análise Visual e Instrumental

Após a montagem da máquina, a primeira puxada no material de acerto deve ser analisada. Nessa etapa os líderes, operadores, coloristas e o pessoal da qualidade devem realizar a avaliação do trabalho impresso. É importante salientar que a flexografia sempre utiliza de uma arte padrão para referência. Com o material acertado em mãos, inicialmente é feita uma análise visual, que identifica os desvios mais perceptíveis, no entanto, para o ajuste preciso da tinta, é indispensável o uso do espectrofotodensitômetro, pois ele é o equipamento que possibilita detectar as coordenadas da cor que se deseja alcançar.

A figura 14 apresenta um material de acerto flexográfico, com as coordenadas de liberação para produção de um dos pantones da arte. A cor ao lado esquerdo possui aprovação por meio de leitura espectral, e a direita por avaliação visual, seguindo os parâmetros do cliente.

**Figura 14:** Exemplo de um material de acerto



Fonte: Autoria própria

É de suma importância o entendimento que a cor do puxe de confecção da tinta é diferente da entregue na arte final, pois conforme a descrição em material teórico cada anilox possui uma lineatura e carrega uma quantidade de tinta específica, resultando em variações de força, saturação e tonalidades.

Por esse motivo, é fundamental realizar a leitura espectral de uma amostra aprovada pelo cliente, ao identificar qualquer variação de tonalidade ou intensidade no trabalho atual, o colorista deve medir ambas impressões e puxes de referência, para poder comparar os dados obtidos, assim identificando o que está variando em comum para realizar os ajustes necessários com precisão.

Mesmo após a correção de uma tonalidade durante a produção, ainda podem acontecer intercorrências. Como a variação de viscosidade, o aumento ou diminuição dela afeta diretamente a tonalidade, além disso o filme pode apresentar diferenças no tratamento superficial em determinadas partes, impactando a aderência da tinta.

Visando a redução de paradas recorrentes para análise de tonalidade e qualidade do texto antes da troca de bobinas, a empresa implementou um sistema automatizado chamado Print Vision. Trata-se de um software integrado a iluminantes, sensores ópticos, câmeras, telas e monitores, possibilitando o monitoramento de falhas em tempo real. Com esse sistema, é possível operar a máquina em altas velocidades, mantendo o controle de qualidade e evitando interrupções no processo produtivo.

As telas de monitoramento do software estão apresentadas na Figura 15. O Print Vision Apollo possui três telas para visualização do trabalho, sendo que as falhas são identificadas na tela à esquerda e na superior direita.

**Figura 15:** Telas Print Vision Apolo



Fonte: Autoria própria

Aliado aos equipamentos e software mencionados anteriormente, outro recurso de grande importância para a flexografia é o microscópio digital. Esse microscópio ao ser integrado a um celular ou computador compatível, permite uma visualização mais precisa da formação dos pontos, auxiliando na identificação de excessos ou faltas na aplicação das cores da cromia, durante a formação da imagem. A utilização conjunta desses equipamentos contribui para o atendimento às exigências dos clientes, além de assegurar os padrões de qualidade estabelecidos pela empresa.

#### **4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É visto que com o avanço da indústria 4.0, a química instrumental está se consolidando cada vez mais dentro do ambiente fabril, pois oferece soluções para o controle de variáveis críticas como densidade ótica, ganho de ponto, consistência tonal e conformidade com padrões internacionais. Pontos que não garantiriam total qualidade apenas por análise humana. Essa integração entre normas técnicas, tecnologias ópticas e softwares contribui diretamente para o aumento da eficiência, redução de desperdícios e garantia de qualidade exigida por clientes e mercados cada vez mais rigorosos.

O estágio realizado em ambiente fabril, desempenhou um papel essencial na complementação da formação em Engenharia Química. A atuação na produção permitiu a aplicação prática dos conceitos teóricos adquiridos em sala de aula, desde a parte de análises químicas simples, até o entendimento de processos mais elaborados do setor. Trazendo sensação de pertencimento ao meio industrial.

## 5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVANCED VISION TECHNOLOGY. About AVT: Precision. Innovation. Efficiency. **AVT inc.** Disponível em: <https://www.avt-inc.com/about/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ALBERS, J. **Interação da cor**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

ALPHA CLICHERIA. **O futuro do mercado de impressão flexográfica até 2027**. Disponível em: <https://alphaclicheria.com.br/o-futuro-do-mercado-de-impressao-flexografica-ate-2027/>. Acesso em: 9 jun. 2025.

AVT LTD. **Print Vision/Apolo II: manual do usuário**. Ver. A. [S.l.]: AVT Ltd., 2011.

FAZENDA, J. (Org.). **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

GELCHRIST, A. **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things**. Nonthaburi: Apress, 2016.

GTI GRAPHIC TECHNOLOGY INC. **What is ISO 3664:2009?** [S.l.], 11 jan. 2011. Disponível em: <https://www.gtilite.com/2011/01/what-is-iso-3664-2009/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

HAMROUSH, M. **Preparation and Characterisation of Flexographic Inks**. 2012. Tese (Doutorado em Química) – School of Chemistry, Department of Colour Science, University of Leeds, Leeds, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3664:2009 – Graphic technology and photography – Viewing conditions**. Geneva: ISO, 2009.

LÓPEZ-GÓMEZ, C. *et al.* **Emerging trends in global manufacturing industries**. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2013.

LUZ, A.; ÁLVARES, B.; GUIMARÃES, C. **Física: contexto & aplicações: ensino médio**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MANUAL DE IMPRESSÃO FLEXOGRÁFICA. São Paulo: **Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica (ABTG)**, 2012. Disponível em: [http://www.abtg.org.br/index.php/downloads/cat\\_view/202-manuais-ons-27/208-manual-de-flexografia](http://www.abtg.org.br/index.php/downloads/cat_view/202-manuais-ons-27/208-manual-de-flexografia). Acesso em: 7 maio 2025.

MAWDSLAY, D. **WOODPECKER NANO: Microestruturas de superfície únicas, para chapas de impressão flexográfica**. 1. ed. Brasil: XSYS Global, 2021. P. 21.

METTLER TOLEDO. **Guia dos Fundamentos da Medição de Cor com Espectrofotômetros UV/VIS**. Disponível em: <https://www.mt.com/br/pt/home/library/guides/lab-analytical-instruments/uvvis-color-measurement-guide.html>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MYERS, B. L. **What is a spectrodensitometer?** Techkon USA, 2024. Disponível em: <https://techkonusa.com/what-is-a-spectrodensitometer/>. Acesso em: 15 maio 2025.

SCARPETA, E. **Flexografia Manual Prático**. São Paulo: Bloco Comunicação Ltda, 2007. 229 p.

SILVEIRA, L. M. **Introdução à teoria da cor**. 2. ed. Curitiba: UTFPR Editora, 2015. 169 p.

SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Thomson, 2005.

VAN HAGEN, E. **Elementos da Cor: Desvendando os Segredos das Cores Através dos Princípios de Itten**. São Paulo: Senac Nacional, 1999. 120 p.

X-RITE. **Espectrofotômetro Portátil eXact**. Disponível em: <https://www.xrite.com/pt-pt/categories/portable-spectrophotometers/exact>. Acesso em: 14 jul. 2025.

ZOLEK-TRYZNOWSKA, Z. *et al.* **Influence of Some Flexographic Printing Process Conditions on the Optical Density and Tonal Value Increase of Overprinted Plastic Films**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343841032\\_Influence\\_of\\_Some\\_Flexographic\\_Printing\\_Process\\_Conditions\\_on\\_the\\_Optical\\_Density\\_and\\_Tonal\\_Value\\_Increase\\_of\\_Overprinted\\_Plastic\\_Films](https://www.researchgate.net/publication/343841032_Influence_of_Some_Flexographic_Printing_Process_Conditions_on_the_Optical_Density_and_Tonal_Value_Increase_of_Overprinted_Plastic_Films). Acesso em: 05 jul. 2025.