



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

PEDRO HENRIQUE FRANKLIN SOARES DE SOUZA

**VERIFICAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CORANTES NA
INDÚSTRIA DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS**

FORTALEZA

2024

PEDRO HENRIQUE FRANKLIN SOARES DE SOUZA

VERIFICAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CORANTES NA INDÚSTRIA
DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Química do Departamento de Química
Analítica e Físico-Química da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Química
com Habilitação Industrial.

Orientador Pedagógico: Prof. Dr. Samuel
Veloso Carneiro.

Orientadora Profissional: Ivaniely Sampaio do
Nascimento.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D32v Souza, Pedro Henrique Franklin Soares de.

Verificação de Metodologia de Análise de Corantes na Indústria de Produtos Automotivos / Pedro Henrique Franklin Soares de Souza. – 2025.

37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Samuel Veloso Carneiro.

Coorientação: Profa. Ivaniely Sampaio do Nascimento.

1. Corantes. 2. Controle de qualidade. 3. Espectrofotometria. 4. Car care. I. Título.

CDD 540

PEDRO HENRIQUE FRANKLIN SOARES DE SOUZA

VERIFICAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CORANTES NA INDÚSTRIA
DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Química do Departamento de Química
Analítica e Físico-Química da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Química
com Habilitação Industrial.

Aprovada em: 26/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samuel Veloso Carneiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Juliana Sales Osterno Leitão
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ivaniely Sampaio do Nascimento
Orientadora Profissional (EVC Industrial)

A Deus.

A minha família, Roziane, Gil e Caio.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me guiar e iluminar, mesmo que eu não perceba, durante a minha vida.

Aos meus pais, Roziane e Gilgleidson, pelo apoio e amor incondicionais durante toda a minha jornada acadêmica e além.

Ao meu irmão Caio, pelos momentos de descontração e ajuda ao longo do percurso.

Ao meu tio-padrinho Júnior, por toda a assistência durante meus anos na universidade.

Aos demais familiares, por sempre estarem presentes nos momentos importantes desta trajetória.

Ao Prof. Dr. Samuel Veloso Carneiro e a Ivaniely Sampaio do Nascimento, pela orientação, dedicação e paciência muito acima da média comigo.

A Ma. Juliana, pela disponibilidade e tempo para ler e avaliar este trabalho.

Aos Departamentos de Química da Universidade Federal do Ceará, funcionários e professores por me receberem por 5 anos.

Aos meus amigos de escola, faculdade e ‘rachas’, que consciente ou inconscientemente me ajudaram a chegar onde cheguei.

A todos chefes, técnicos de laboratório, funcionários e estagiários de todos os laboratórios que eu participei, Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes, Núcleo de Pesquisa em Lubrificantes e Laboratórios de Controle de Qualidade e Pesquisa e Desenvolvimento da Vonixx, por me apoiar e ensinar o que sabiam.

A EVC Industrial e seus colaboradores, por me oferecerem a oportunidade de aprendizado prático.

“A análise espectral promete a exploração química de um domínio que era, até agora, completamente desconhecido” (KIRCHHOFF, 2010, p. 330)

RESUMO

Com o aumento da frota automotiva no Brasil, a busca por produtos e serviços que atuem na manutenção e revitalização da estética de veículos também foi ampliado, tornando mais necessário a garantia da qualidade visual e funcional dos produtos oferecidos pela indústria de produtos de *car care*. Por conta disso, um método viável no cotidiano industrial para a quantificação de corantes mostra-se imprescindível a fim de promover a qualidade dos processos produtivos. A análise por espectrofotometria apresenta-se como alternativa, visto que é uma metodologia de baixo custo, especialmente quando comparada a outros métodos aplicados a mesma análise, alta reprodutibilidade e boas precisão e exatidão. Este trabalho tem por finalidades avaliar a aplicabilidade de tal método em âmbito industrial, evitando possíveis fontes de erros e analisando as melhores condições de análise dos corantes antes e depois de serem manipulados em produtos, por meio da análise espectrofotométrica de soluções de concentrações conhecidas dos corantes amarelo tartrazina, rodamina-B e azul-turquesa. Ao fim das análises foram perceptíveis os aspectos positivos do método, como a alta reprodutibilidade e o fácil procedimento experimental necessário para a realização das análises, e possíveis pontos de melhoria, como uma melhor escolha das concentrações de soluções-padrão para a construção das curvas de calibração e o uso do mesmo equipamento para todas as análises. Portanto, a metodologia mostrou-se coerente com o dinamismo e a velocidade exigidas no cotidiano de um laboratório de controle de qualidade industrial.

Palavras-chave: corantes; controle de qualidade; espectrofotometria; *car care*.

ABSTRACT

With the increase in the automotive fleet in Brazil, the demand for products and services that maintain and revitalize the aesthetics of vehicles has also expanded, making it more necessary to guarantee the visual and functional quality of the products offered by the car care industry. Therefore, a viable method for the quantification of dyes in the industrial routine is essential to promote the quality of production processes. Spectrophotometric analysis emerges as an alternative, as it is a low-cost methodology, especially in comparison with other methods applied for the same analysis, with high reproducibility and good precision and accuracy. This work aims to evaluate the applicability of this method in an industrial environment, avoiding possible sources of error and analyzing the best conditions for analyzing dyes before and after being manipulated in products, through the spectrophotometric analysis of solutions with known concentrations of tartrazine yellow, rhodamine-B, and turquoise blue dyes. At the end of the analysis, the positive aspects of the method were perceived, such as high reproducibility and the easy experimental procedure required for the analysis, and possible points for improvement, such as a better choice of standard solution concentrations for the construction of calibration curves and use the same equipment for all the analysis. Therefore, the methodology proved to be consistent with the dynamism and speed required in the daily routine of an industrial quality control laboratory.

Keywords: dyes; quality control; spectrophotometric; car care.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Círculo das cores da faixa visível do espectro eletromagnético	17
Figura 2 – Estrutura química do azo-corante amarelo de tartrazina	18
Figura 3 – Estrutura química do corante xanteno rodamina-B	18
Figura 4 – Estrutura química do corante ftalocianina azul de remazol	19
Figura 5(a) – Soluções-padrão de tartrazina	22
Figura 5(b) – Soluções-padrão de azul-turquesa	22
Figura 5(c) – Soluções-padrão de rodamina	22
Figura 6 – Espectrofotômetro UV-2600	23
Figura 7(a) – Espectrofotômetro AJX-1000	23
Figura 7(b) – Padrões 0 absorbância e 0% transmitância	23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Espectro de absorção molecular da Tartrazina	25
Gráfico 2 – Espectro de absorção molecular do Azul-turquesa	26
Gráfico 3 – Espectro de absorção molecular da Rodamina	27
Gráfico 4 – Curva de calibração para Tartrazina	28
Gráfico 5 – Curva de calibração para Azul-turquesa	29
Gráfico 6 – Curva de calibração para Rodamina	30

LISTA DE SÍMBOLOS

J Joule

s Segundo

m Metro

nm Nanômetro

N Nitrogênio

π Ligação pi

L Litro

mg Miligramma

mL Mililitro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	Corantes	16
3.2	Espectroscopia de absorção molecular na região do UV-Vis	19
3.2.1	<i>Lei de Lambert-Beer</i>	20
3.2.2	<i>Quantificação das amostras</i>	21
4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	22
4.1	Materiais e equipamentos utilizados	22
4.2	Metodologia experimental	22
4.2.1	<i>Preparo das soluções-padrão</i>	22
4.2.2	<i>Obtenção dos espectros de absorção dos corantes</i>	23
4.2.3	<i>Verificação do espetrofotômetro</i>	23
4.2.4	<i>Análise das soluções-padrão de calibração</i>	24
4.3	Preparo e análise das soluções desconhecidas	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Análise dos espectros de absorção	25
5.1.1	<i>Tartrazina</i>	25
5.1.2	<i>Azul-turquesa</i>	25
5.1.3	<i>Rodamina</i>	26
5.2	Análises das soluções-padrão	27
5.2.1	<i>Tartrazina</i>	27
5.2.2	<i>Azul-turquesa</i>	28
5.2.3	<i>Rodamina</i>	29
5.3	Análises das soluções desconhecidas	30
5.3.1	<i>Bactericida de superfícies e ambientes amarelo</i>	30
5.3.2	<i>Limpador geral de superfícies cristalinas azul</i>	31

5.3.3	<i>Bactericida de superfícies e ambientes rosa</i>	31
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A – TABELAS DE RESULTADOS OBTIDOS DURANTE AS ANÁLISES DAS SOLUÇÕES-PADRÃO DOS CORANTES ESTUDADOS	36

1 INTRODUÇÃO

Com a urbanização e o rápido crescimento das cidades ocorridos no Brasil, aumentou-se a necessidade do transporte por automóveis. Com isso, a frota automotiva nacional saltou aproximadamente 175% entre 2004, quando haviam em torno de 39 milhões de veículos registrados, para 108 milhões de automóveis registrados em 2020 (MINISTÉRIO da INFRAESTRUTURA, 2020). Em setembro de 2024, o número de veículos alcançou a faixa dos 122 milhões (MINISTÉRIO dos TRANSPORTES, 2024).

Tais dados confirmam o aumento da busca de produtos e serviços que conservem e embelezem os automóveis, e é neste contexto que as indústrias especializadas em *car care* surgem, com o intuito de desenvolver formulações e produtos que impactem positivamente os consumidores e promovam o serviço de *detailers* do setor estético (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2019).

Existem diversos produtos no setor de estética automotiva, como ceras, vitrificadores e xampus para carros (CATÁLOGO VONIXX, 2024), e cada produto possui uma determinada função e aparência, contudo a característica em comum de todos os produtos é o apreço visual que eles devem passar aos consumidores. Portanto, é imprescindível que haja uma metodologia para a análise de corantes bem definida e aplicável ao cotidiano industrial, levando em conta o custo-benefício do método, o tempo e a praticidade de análise, com o intuito de garantir a qualidade dos corantes analisados.

Esse trabalho visa à apresentação de um método, aplicável ao contexto industrial para a análise de corantes, por meio da exposição da fundamentação teórica da metodologia aplicada e dos corantes analisados. Além disso, é apresentado o procedimento experimental seguido durante o estudo. Por fim, a fim de validar a aplicabilidade do estudo são apresentados os resultados e as discussões que surgem a partir das análises realizadas.

Espera-se com este trabalho apresentar um método de análise amplamente replicável no contexto industrial, visando à garantia da qualidade das matérias-primas empregadas na manipulação dos produtos e, consequentemente, assegurar a qualidade dos produtos propriamente ditos; especialmente quando comparado a outros métodos utilizados para a quantificação de corantes, tais como cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (CLAE-DAD) e espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) (LYRIO et al, 2023) visto que tais técnicas analíticas exigem equipamentos mais caros e maior especialização do analista para serem utilizados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Verificar uma metodologia para a análise de corantes no cotidiano industrial.

2.2 Objetivos específicos

- Aplicar o método no ambiente industrial;
- Validar a metodologia em âmbito industrial;
- Aplicar o método em produtos finalizados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

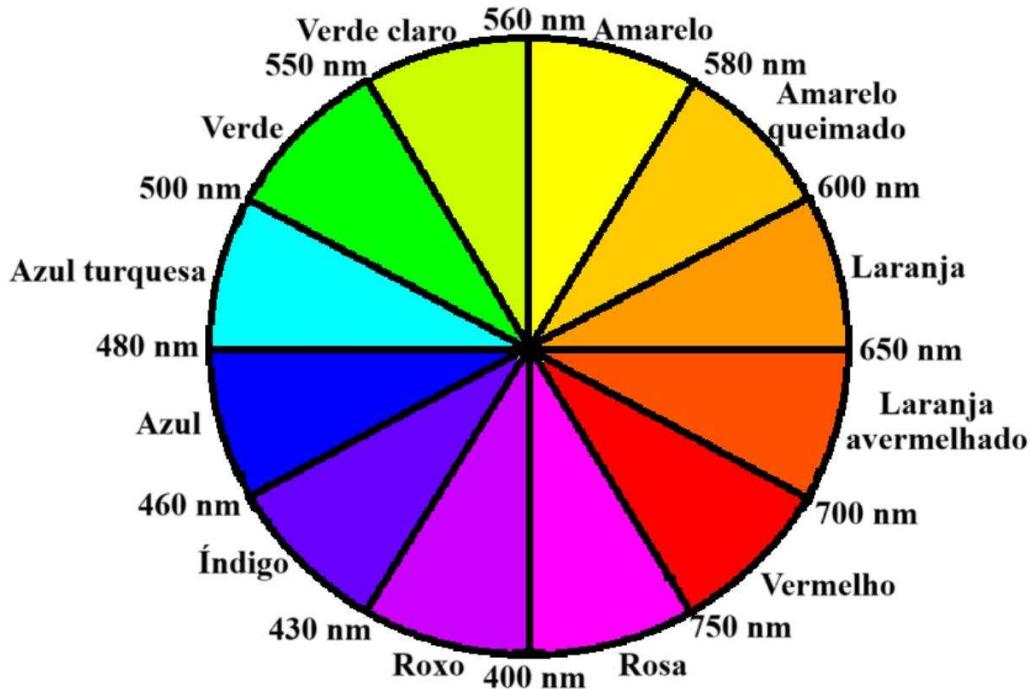
3.1 Corantes

Corantes são substâncias químicas, naturais ou sintéticas, utilizadas para realçar a cor de um produto (FARMA JUNIOR, 2020). A cor que cada corante atribui ao produto em que é aplicado depende dos grupos cromóforos presentes em suas estruturas moleculares. Tais grupos são caracterizados pelos complexos sistemas de ligações π conjugadas, responsáveis pelas transições eletrônicas associadas à emissão de luz visível (SANTOS, 2022). Essas transições eletrônicas ocorrem quando os elétrons de uma molécula absorvem energia luminosa. Como a luz possui uma natureza eletromagnética, pode-se depreender a relação entre a energia absorvida (E) e o seu comprimento de onda (λ), a partir da Equação de Planck:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

em que h é a constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js) e c é a velocidade da luz no vácuo ($2,998 \times 10^8$ ms $^{-1}$). Assim, a molécula absorve energia em determinado comprimento de onda indo a um estado excitado e, quando retorna ao seu estado fundamental, emitem a luz no comprimento de onda complementar ao absorvido (XIMENES, 2021). Dessa forma, a cor transmitida pela molécula é complementar a cor absorvida. É válido informar que por se tratar de um espectro, a mudança de cor é gradual ao longo da faixa de comprimento de onda, tornando, por vezes, confuso associar a cor do comprimento de onda absorvido com a cor complementar. Uma maneira de facilitar essa associação é por meio de um círculo das cores, uma imagem que apresenta o espectro da luz visível em forma circular de tal maneira que as cores complementares entre si estão opostas, conforme ilustrado na Figura 1:

Figura 1 – Círculo das cores da faixa visível do espectro eletromagnético



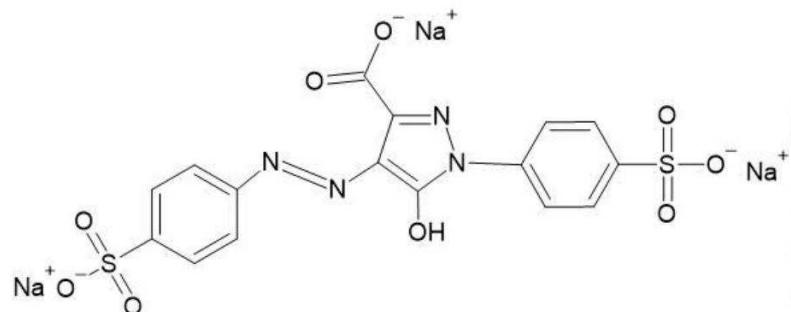
Fonte: Autor, 2024

Os corantes analisados neste trabalho são a tartrazina, a rodamina e o azul de remazol. Estas substâncias são sintéticas e comumente utilizadas em diversos produtos industrializados, além daqueles empregados em *car care*. A tartrazina, por exemplo, é um corante que atribui a cor amarela aos produtos das indústrias alimentícia e farmacêutica na produção de gomas de mascar, gelatinas, anti-inflamatórios e antipiréticos. Contudo, apesar da aplicação na produção de alimentos e medicamentos, a tartrazina apresenta relação com problemas de tireoide, asma e atividade carcinogênica (TORRES-PÉREZ *et al*, 2020). Assim, seu consumo deve ser evitado ou minimizado (QUARESMA *et al*, 2024). A rodamina-B é um corante que origina a cor rosa quando empregada, utilizada na fabricação como marcador biológico em pesquisas biomédicas e no processamento de alimentos em alguns países, mesmo com sua proibição por conta da atividade carcinogênica (AL-BURIAHI *et al*, 2021). O azul de remazol, também conhecido como azul-turquesa, pode ser aplicado na indústria para o tingimento de tecidos (CAICEDO-MONTOYA, 2022). É importante ressaltar que por serem compostos químicos de considerável toxicidade; tanto para os seres humanos, principalmente quando ingeridos de forma oral, quanto para o meio ambiente; sua manipulação deve ser realizada com equipamentos de proteção individual, como máscaras e

luvas. Além disso, a fim de não impactar negativamente a fauna e flora naturais, seu descarte não deve ocorrer sem que haja tratamento prévio, por meio de adsorção por exemplo (NOREEN *et al*, 2022).

A tartrazina, por originar a cor amarela, absorve a luz entre os comprimentos de onda de 400 a 430 nm, na região da cor violeta, e emite na faixa de 560 a 580 nm, na região da cor amarela. Ela faz parte do grupo de corantes azo, devido à presença de um ou mais grupamentos N=N ligados à anel aromático como cromóforo (RITZEL, 2023). A estrutura química da tartrazina é apresentada na Figura 2.

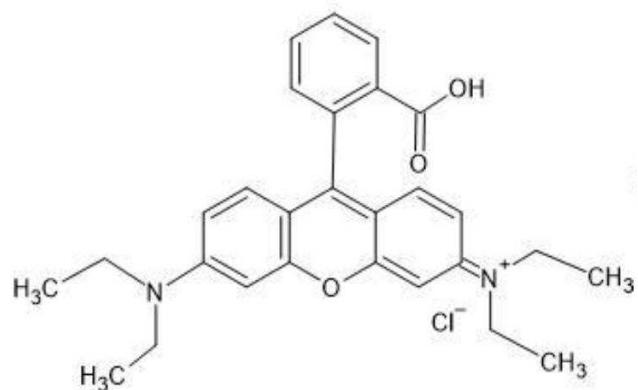
Figura 2 – Estrutura química do azo-corante amarelo de tartrazina



Fonte: Autor, 2024

A rodamina-B tem uma ampla faixa de absorção de luz, variando entre 500 nm e 600 nm e emite a cor rosa, resultado da mistura entre o vermelho e o violeta. Ela pertence ao grupo de corantes xantenos (OLADOYE *et al*, 2024), caracterizado pela presença de um grupo xanteno ($C_{13}H_{10}O$) como cromóforo, conforme apresentado na Figura 3.

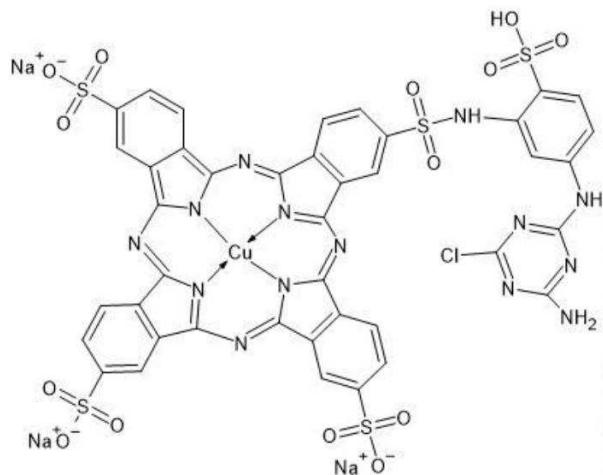
Figura 3 – Estrutura química do corante xanteno rodamina-B



Fonte: Autor, 2024

O azul de remazol origina a cor azul-turquesa em solução, apresentando absorção entre 650 e 700 nm. Ele pertence ao grupo das ftalocianinas, por conta da formação de um complexo metálico entre 4 anéis isoindóis; caracterizados pela junção de um anel benzênico e um pirrol, formando um sistema de conjugação π com 18 elétrons deslocalizados, permitindo a absorção de luz na faixa do visível; e um átomo metálico (LEMOS, 2022). A estrutura química do azul de remazol é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Estrutura química do corante ftalocianina azul de remazol



Fonte: Autor, 2024

3.2 Espectroscopia de absorção molecular na região do UV-Vis

A espectroscopia de absorção molecular na região do UV-Vis (Ultravioleta-Visível) é uma técnica analítica que se baseia na quantidade de radiação eletromagnética absorvida por uma solução em um comprimento de onda adequada a substância de interesse presente na solução amostra (SKOOG, 2023). Por exemplo, a tartrazina é um corante de cor amarelada; logo, o correto é selecionar o comprimento de onda em que a absorção de radiação por parte da solução de tartrazina seja máxima ($\lambda_{\text{máx}}$). Esse procedimento garantirá que os resultados obtidos sejam exatos, pois a absorvidade molar da molécula, quantidade de luz que um composto absorve em um dado comprimento de onda, será máxima e sua dependência com o comprimento de onda, constante.

Antes de ser realizada a análise da amostra, é importante que seja realizada uma análise de varredura em uma faixa de comprimentos de onda, determinada pelo analista, utilizando uma solução de concentração conhecida a fim de obter um espectro de absorção da substância analisada e, dessa forma, encontrar o $\lambda_{\text{máx}}$ do analito. Após isso, é necessário

realizar análises em soluções-padrão de diferentes concentrações, todas conhecidas, do analito para a construção por regressão linear de uma curva de calibração padrão. Essa curva é utilizada para a determinação da concentração de soluções desconhecidas do analito ou para a sua identificação, de forma qualitativa. Ressalta-se que em alguns experimentos, a curva de calibração analítica minimiza erros de análise referentes ao próprio equipamento ou a possíveis interferentes presentes nas soluções. Além disso, a escolha do material que compõe a cubeta usada nas análises é imprescindível, visto que pode haver absorção de luz por parte da cubeta, interferindo nos resultados. Para estudos na região da luz visível pode-se usar cubetas de vidro, visto que este material não interfere nas análises e tem menor custo.

3.2.1 *Lei de Lambert-Beer*

A determinação da concentração da amostra analisada é realizada seguindo dois princípios: quanto maior for a concentração da solução, mais radiação será absorvida por ela e quanto maior for a distância percorrida pela luz, maior será a absorção de radiação. Dessa forma, percebe-se que a absorção de radiação é diretamente proporcional à concentração da solução e ao caminho percorrido pelo feixe luminoso, resultando na Lei de Lambert-Beer:

$$A = \varepsilon bc \quad (2)$$

Onde A é a absorbância, ε é o coeficiente de absorvidade molar, b é o caminho ótico percorrido pela luz através da solução e c é a concentração da solução (SKOOG, 2023).

Contudo, é importante ressaltar que a Lei de Lambert-Beer considera que a radiação utilizada é monocromática, ou seja, o comprimento de onda da luz emitida pela lâmpada do espectrofotômetro é único, e que as soluções analisadas estão diluídas, pois, caso o contrário, ocorreria interação entre os centros absorventes e, dessa forma, variação no índice de refração da solução, sendo indicado o uso de soluções de até 10^{-2} mol L⁻¹ de concentração (SKOOG, 2023).

Além disso, existem outras situações que podem interferir na exatidão dos resultados obtidos em uma análise espectrofotométrica. Estes são conhecidos como desvios aparentes, sendo eles os desvios químicos, instrumentais e por dissociação de complexos. O primeiro é observado quando há a formação de uma espécie química diferente da molécula de interesse em solução. Por outro lado, os desvios instrumentais são constatados quando o espectrofotômetro apresenta alguma limitação que não pode ser eliminada pela construção da

curva de calibração, como um isolamento inadequado da largura da faixa espectral utilizada na análise. Por fim, os desvios por dissociação de complexos ocorrem quando o analito não é inteiramente convertido em uma única espécie absorvente (SKOOG, 2023).

3.2.2 Quantificação das amostras

Após determinar o $\lambda_{\text{máx}}$ e realizar as análises das soluções-padrão deve-se construir uma curva de calibração a partir destas para então analisar a amostra desconhecida do analito de interesse. Essa curva de calibração é linear e, por regressão, é possível gerar uma equação, onde o produto entre ε e b é numericamente igual ao coeficiente angular, enquanto o coeficiente linear representa desvios relacionados ao instrumento. Tal curva é de grande valia para o analista já que ela permite a análise de várias amostras do mesmo corante durante o tempo em que ela for considerada válida o que corrobora com a replicabilidade do método e com a velocidade de análise, visto que não é necessária a construção de uma curva de calibração antes de cada análise. Ademais, é interessante realizar análises com soluções que possuam absorbância até 1 com o intuito de minimizar ou até mesmo evitar desvios na Lei de Lambert-Beer.

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Materiais e equipamentos utilizados

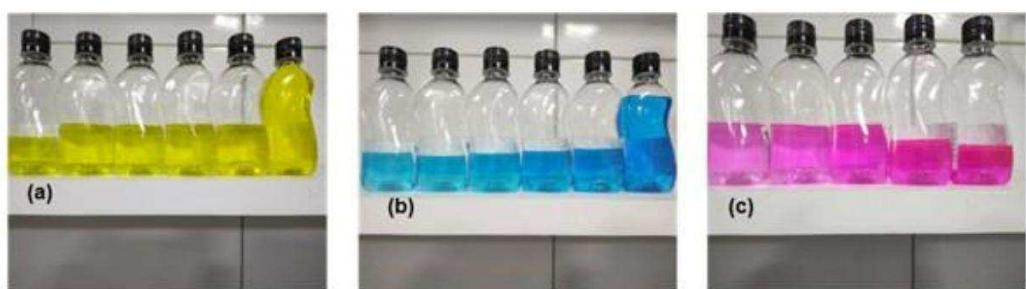
Balão volumétrico de 1,0 L; balão volumétrico de 100 mL; béquer; bastão de vidro; pipeta graduada; pera de sucção; pipeta de pasteur; água destilada; corante Preto Disperso; tartrazina em pó; rodamina em pó; azul de remazol em pó; balança; espectrofotômetro AJMicronal AJX-1000; espectrofotômetro Shimadzu UV-2600; cubetas de vidro.

4.2 Metodologia experimental

4.2.1 Preparo das soluções-padrão

Para o preparo das soluções-padrão foram pesados 50 mg de cada corante, em separado, e dissolveu-se em 1,0 L de água destilada, utilizando um balão volumétrico, na concentração estoque de 50 mg L^{-1} de cada analito. Em seguida, preparou-se por diluição soluções-padrão nas concentrações de 40, 30, 20, 15 e 10 mg L^{-1} para a tartrazina e para o azul-turquesa, e soluções 15, 10, 5,0, 2,0 e 1,0 mg L^{-1} para a rodamina, utilizando um balão de 100 mL. Vale ressaltar que as concentrações das soluções-padrão de rodamina foram menores que as dos demais corantes por conta de pequenas quantidades dela já apresentarem forte tonalidade em solução. Além disso, todas as etapas deste procedimento foram realizadas em ambientes climatizados, com temperatura de aproximadamente 25 °C.

Figura 5 – Soluções-padrão



Fonte: Autor, 2024

4.2.2 Obtenção dos espectros de absorção dos corantes

Para garantir maior exatidão nas análises dos corantes, realizou-se uma análise qualitativa a partir de uma amostra de cada analito para a obtenção do espectro de absorção dos corantes a fim de determinar a faixa de comprimento de onda na qual o coeficiente de absorção molar fosse máximo e constante, tornando a absorbância dependente apenas da concentração da solução.

Figura 6 – Espectrofotômetro UV-2600

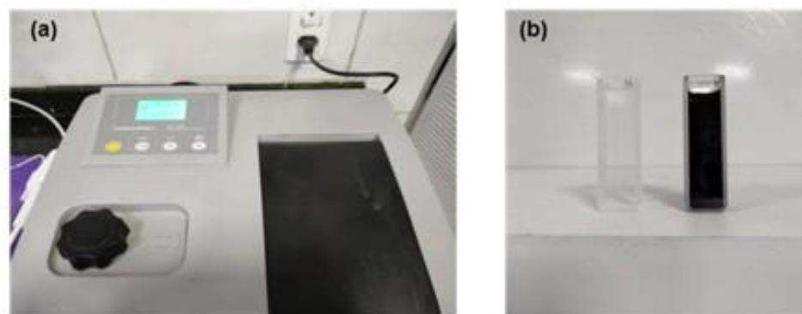


Fonte: Autor, 2024

4.2.3 Verificação do espetrofotômetro

Para a verificação do equipamento utilizado nas análises realizadas, utilizou-se água destilada como branco para as soluções-padrão dos corantes, uma réplica do produto, sem corantes, para as soluções desconhecidas de tartrazina e rodamina, uma réplica do produto sem o corante azul-turquesa para a solução desconhecida de azul de remazol, essas utilizadas como padrão de 0 absorbância/100% de transmitância e uma solução qualitativa contendo um corante preto como padrão para 0% de transmitância. Tal verificação é necessária para garantir que a absorbância detectada pelo equipamento seja devido apenas ao corante analisado, sem a possível interferência de outras substâncias em solução e das cubetas utilizadas.

Figura 7 – Espectrofotômetro AJX-1000 e padrões de verificação



Fonte: Autor, 2024

4.2.4 Análise das soluções-padrão de calibração

Após o preparo das soluções-padrão realizou-se uma análise preliminar do espectro da radiação eletromagnética para a escolha do comprimento de onda onde a absorção de luz fosse máxima a fim de garantir que a absorvidade molar de cada corante seja máxima, evitando possíveis erros de análise. Em seguida, analisou-se, separadamente, as soluções-padrão preparadas anteriormente para a obtenção dos valores de absorbância, em triplicata, de cada solução. A partir da média dos valores de absorbância e concentração, utilizou-se o método de regressão linear para a determinação das curvas de calibração para a tartrazina, rodamina e o azul de remazol para o comprimento de onda analisado.

4.3 Preparo e análise das soluções desconhecidas

Para testar a validade do método, preparou-se soluções com 50 mL de água destilada e 50 mL de produtos que possuem em suas composições os corantes analisados, separadamente, em um balão volumétrico de 100 mL. Além disso, preparou-se soluções branco mantendo a mesma diluição de cada produto para a calibração do espectrofotômetro. Em seguida, analisou-se, em triplicata, as soluções dos produtos nos comprimentos de onda escolhidos nas análises das soluções-padrão e, a partir da média dos valores de absorbância, determinou-se a concentração dos corantes em cada produto. Além disso, os valores obtidos nesta análise foram comparados com valores aproximados da concentração ideal de cada corante nos produtos analisados, a fim de preservar o segredo da formulação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

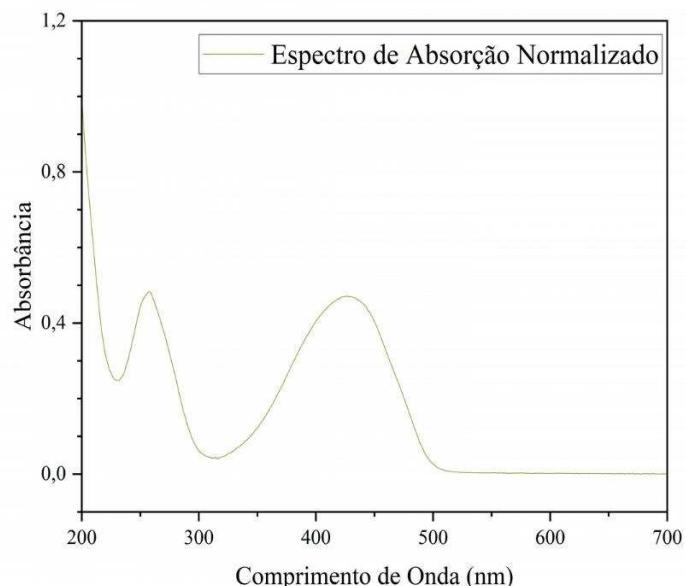
5.1 Análise dos espectros de absorção

A partir da análise das soluções preparadas qualitativamente, obteve-se o espectro de absorção de cada corante entre 200 e 700 nm, com o objetivo de escolher o comprimento de onda em que a absorbância dependa linearmente apenas da concentração das soluções-padrão, buscando maior exatidão nas análises.

5.1.1 Tartrazina

Com base na análise qualitativa realizada com uma solução de tartrazina, obteve-se o Gráfico 1, que apresenta a absorbância do corante em função do comprimento de onda. É perceptível que para a tartrazina a faixa de 415 a 430 nm, característico do grupamento azo da molécula de tartrazina (LYRIO et al, 2023), é a ideal para garantir a linearidade na relação entre absorbância e concentração.

Gráfico 1 – Espectro de absorção molecular da Tartrazina



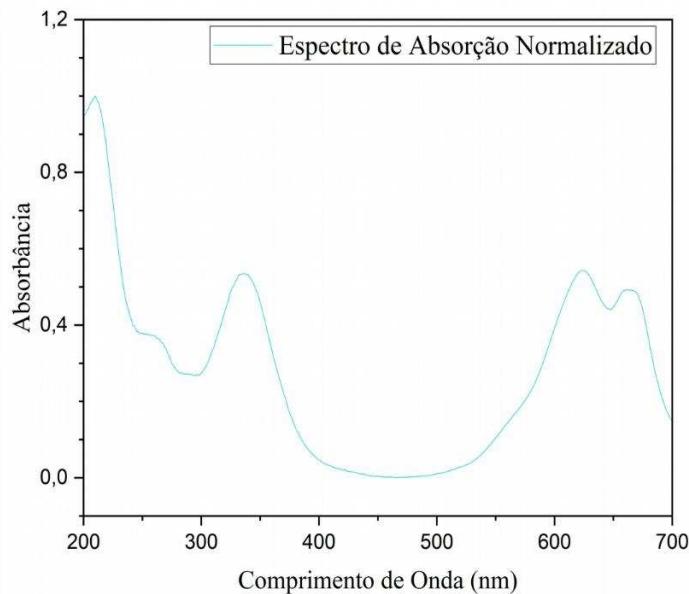
Fonte: Autor, 2024

5.1.2 Azul-turquesa

Repetindo-se o procedimento realizado anteriormente mas agora para o azul de

remazol, conseguiu-se o Gráfico 2, de absorbância em função do comprimento de onda. A partir da análise deste, é notório que a melhor faixa de comprimento de onda para a análise do azul-turquesa situa-se entre 630 e 650 nm, faixa esperada por conta do corante ser uma ftalocianina (PAGNONCELLI et al, 2020).

Gráfico 2 – Espectro de absorção molecular do Azul-turquesa

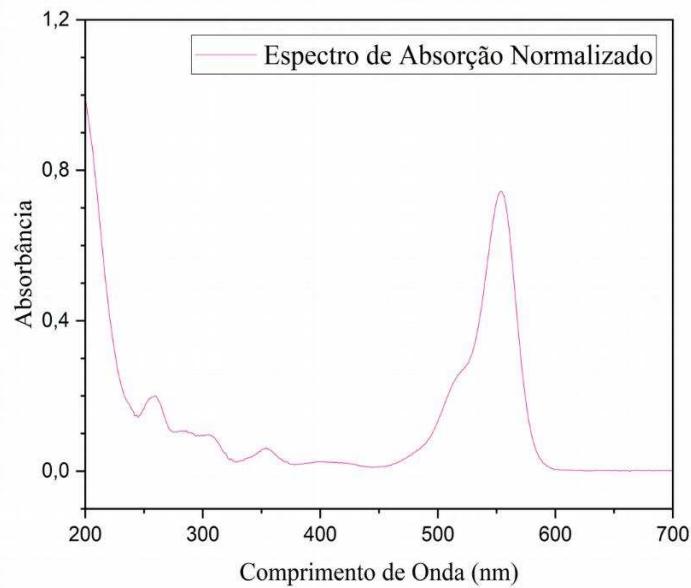


Fonte: Autor, 2024

5.1.3 Rodamina

Com base na análise qualitativa realizada na solução de rodamina-B, obteve-se o Gráfico 3 de absorbância em função do comprimento de onda. A partir da análise do espectro obtido é explícito que a faixa de comprimento de onda ideal para a análise da rodamina situa-se entre 520 e 550 nm, faixa característica de corantes do tipo xanteno (COSTA, 2020).

Gráfico 3 – Espectro de absorção molecular da Rodamina

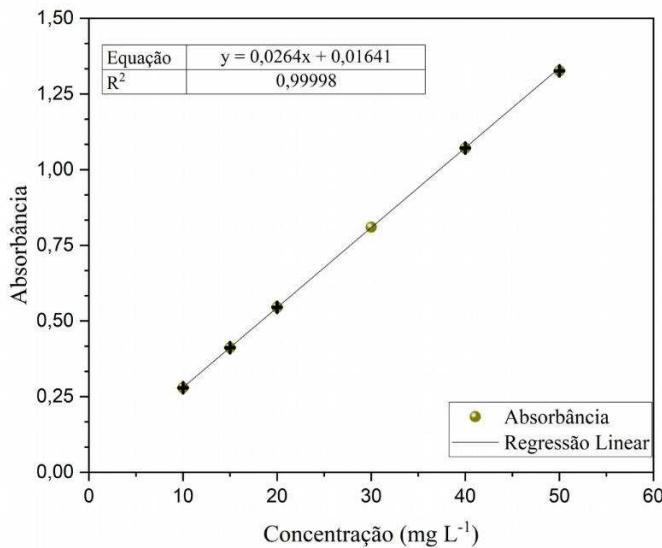


Fonte: Autor, 2024

5.2 Análises das soluções-padrão

5.2.1 Tartrazina

Levando em conta as análises das soluções-padrão de tartrazina no comprimento de onda de 418 nm colheu-se os valores de absorbância para as concentrações analisadas conforme a Tabela 1. Usando os valores de concentração e média descritos na Tabela 1 em uma regressão linear obtém-se o seguinte Gráfico:

Gráfico 4 – Curva de calibração para Tartrazina

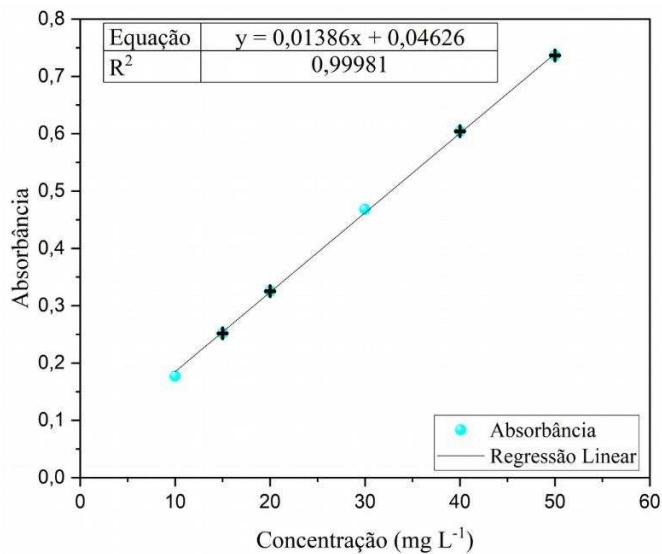
Fonte: Autor, 2024

A partir da análise da curva acima pode-se assumir que os resultados obtidos na análise da tartrazina em 418 nm são satisfatórios, devido ao alto valor do coeficiente de determinação (R^2) e ao baixo erro associado a cada triplicata. Tais resultados são esperados, visto que as soluções foram analisadas em um comprimento de onda dentro da faixa analisada como ideal a partir do espectro de absorção obtido anteriormente para a tartrazina.

5.2.2 Azul-turquesa

A partir dos valores de concentração e absorbância obtidos na análise do azul-turquesa no comprimento de onda de 654 nm construiu-se a Tabela 2. Baseado nas concentrações e respectivas médias expostas na tabela anteriormente citada é possível construir o seguinte Gráfico por regressão linear:

Gráfico 5 – Curva de calibração para Azul-turquesa



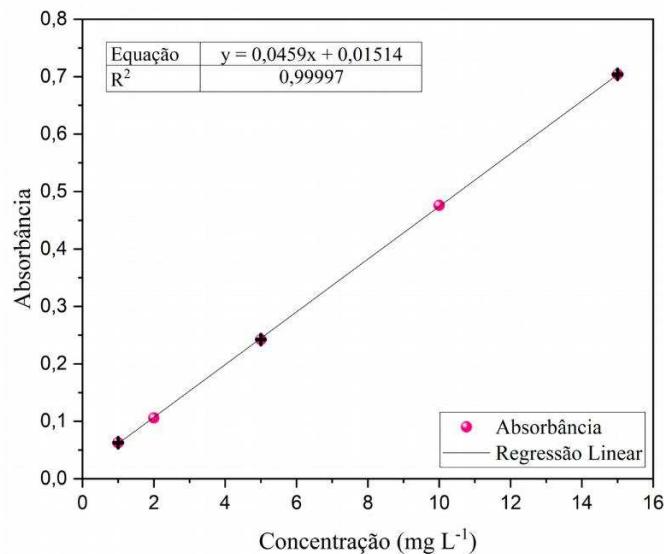
Fonte: Autor, 2024

Conforme a curva de calibração apresentada no Gráfico acima pode-se afirmar que os resultados são aceitáveis, já que o R^2 é próximo a 1 e o erro associado aos resultados das triplicatas é ínfimo. Entretanto, comparando-se o comprimento de onda em que as soluções-padrão do azul de remazol foram analisadas e a faixa tida como ideal a partir do espectro de absorção deste corante nota-se uma divergência que pode ser justificada pelo fato de serem equipamentos diferentes, logo, geram resultados que podem não ser idênticos.

5.2.3 Rodamina

Levando em consideração os valores de concentração e absorbância obtidos na análise da rodamina em 500 nm construiu-se a Tabela 3. Baseando-se nos valores de concentração e as respectivas média descritos na Tabela 3 é possível construir o seguinte Gráfico:

Gráfico 6 – Curva de calibração para Rodamina



Fonte: Autor, 2024

A partir da curva acima é seguro assumir que a análise da rodamina usando a metodologia aplicada é de fato viável, uma vez que os resultados obtidos possuem alta exatidão, tanto por conta do alto valor do coeficiente de determinação quanto pelo baixo erro relacionado às análises de cada triplicata. Contudo, ao comparar o comprimento de onda em que se analisou as soluções-padrão de rodamina e a faixa considerada ideal para as análises deste corante percebe-se uma discrepância que pode ser explicada pela utilização de diferentes espectrofotômetros para a obtenção do espectro de absorção da rodamina e para a elaboração da curva de calibração para o corante.

5.3 Análises das soluções desconhecidas

A partir das curvas de calibração obtidas na seção anterior deste trabalho é possível mensurar a quantidade de cada corante nos produtos analisados considerando a média dos valores de absorbância obtidos em triplicata.

5.3.1 Bactericida de superfícies e ambientes amarelo

Baseado nas considerações feitas acerca dos resultados da análise da curva de calibração para a tartrazina, é possível calcular a concentração do corante no produto utilizado como analito a partir da Equação da Reta descrita a seguir, obtida no Gráfico 4:

$$y=0,0264 x+0,01641 \quad (3)$$

Considerando que a média dos valores de absorbância obtidos foi 0,5033 em 418 nm, substituindo este valor como variável dependente na equação acima encontra-se a concentração de 18,443 mg L⁻¹, mas, por conta da diluição realizada na amostra deve-se multiplicar este valor pelo fator de diluição, no caso 2, obtendo-se o valor de 36,886 mg L⁻¹.

Comparando-se o valor obtido com a quantidade usada na manipulação do produto, aproximadamente 50 mg L⁻¹, pode-se afirmar que são necessárias análises mais detalhadas para garantir maior exatidão na análise da tartrazina nesse tipo de produto.

5.3.2 Limpador geral de superfícies cristalinas azul

Tendo como base as discussões acerca da análise da curva de calibração para o azul de remazol, é possível obter a concentração do corante no produto analisado a partir da Equação abaixo, retirada do Gráfico 5:

$$y=0,01386 x+0,04626 \quad (4)$$

Substituindo a variável dependente por 0,329, média dos valores de absorbância aferidos durante as análises em 654 nm, encontra-se a concentração de 20,400 mg L⁻¹. Contudo, é necessário multiplicar esse valor por 2, devido à diluição realizada com a amostra, encontrando-se a concentração de 40,800 mg L⁻¹.

Quando comparados os valores da manipulação do produto, cerca de 40 mg L⁻¹, e o obtido anteriormente é possível assegurar que o método empregado é viável na análise do azul-turquesa na indústria.

5.3.3 Bactericida de superfícies e ambientes rosa

Baseando-se na discussão gerada pela análise da curva de calibração para a rodamina-B, é possível encontrar a concentração do corante no produto analisado a partir da Equação da Reta descrita abaixo, obtida no Gráfico 6:

$$y=0,0459 x+0,01514 \quad (5)$$

Considerando que a média dos valores de absorbância encontrados foi 0,133 em

500 nm, usando este valor como variável dependente na equação anterior obtém-se a concentração de 2,568 mg L⁻¹. Entretanto, por conta da diluição realizada na amostra, é necessário multiplicar este valor pelo fator de diluição, 2, encontrando-se a concentração de 5,136 mg L⁻¹.

Conferindo-se o valor obtido nas análises realizadas e a concentração utilizada na manipulação do produto, em torno de 5 mg L⁻¹, pode-se afirmar que o método de espectrofotometria é viável na análise de rodamina-B no cotidiano industrial.

6 CONCLUSÃO

A eficácia e aplicabilidade de um método para qualquer análise em meio industrial envolve diversos fatores, como manipulação de produtos, equipamentos utilizados e, sobretudo, da percepção do analista em encontrar soluções para os problemas e interferentes que possam surgir no decorrer das análises. Por conta do controle de possíveis problemas relacionados à análise espectrofotométrica, foi possível ilustrar que o método empregado tem grande aplicabilidade no cotidiano industrial sem se fazer necessário análises com mudança de algum parâmetro físico-químico das amostras, como pH ou temperatura. Somado a isso, os resultados obtidos, tanto para as curvas de calibração, visto que todas as curvas obtidas apresentaram altos coeficientes de determinação, quanto para os produtos finalizados mostraram-se em sua maioria exatos e precisos, havendo apenas uma discrepância considerável na análise do bactericida amarelo quando comparado com o valor aproximado esperado para o produto analisado. Tal diferença pode ter ocorrido, em parte, por conta das 2 concentrações utilizadas na construção da curva de calibração que apresentaram absorbância maior que 1.

Além disso, por se tratar de uma análise de baixo custo, alta replicabilidade e relativa facilidade de operação dos equipamentos, os procedimentos utilizados na verificação do método são de grande valia em um ambiente que exige dinamismo e velocidade de análise. Todavia, é necessário que todos os processos sejam seguidos de maneira correta, desde a manipulação do produto até o envase dele, passando, evidentemente pelo controle de qualidade, com o fito de assegurar a conformidade dos produtos. Ademais, é recomendável que todas as análises sejam feitas com o mesmo equipamento, tanto a obtenção dos espectros de absorção quanto a elaboração das curvas de calibração, a fim de evitar divergências e aumentar a exatidão dos resultados obtidos.

Destarte, em um ramo industrial que preza muito pelo aspecto visual dos produtos, um método de garantir que a cor do produto está conforme a especificação preestabelecida é essencial para assegurar a integridade tanto do produtor quanto do consumidor final, visto que este, muitas vezes, é atraído primeiramente pelo visual de um produto. Ademais, fica explicitada a importância dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante a graduação para garantir a devida qualidade de um produto químico, a fim de entregar o melhor resultado para colaboradores e consumidores.

REFERÊNCIAS

- AL-BURIAHI, A. K. et al. **Elimination of rhodamine B from textile wastewater using nanoparticle photocatalysts: A review for sustainable approaches**. Chemosphere, v. 287, p. 132162, jan. 2022.
- AUTOMOTIVE BUSINESS**. Cenário para a indústria automobilística brasileira. Roland Berger. São Paulo, 2019.
- CAICEDO-MONTOYA, C. et al. **Decolorization of colored wastewaters with Turquoise Blue dye by the native Colombian fungus Leptosphaerulina sp. - Influence of operational parameters**. DYNA, v. 89, n. 221, p. 121–131, 24 maio 2022.
- Catálogos - Vonixx**. Disponível em: <<https://vonixx.com.br/catalogos/>>, 2024.
- Corantes: o que são e como agem**. Disponível em: <<https://www.farmajunior.com.br/cosmeticos/corantes-o-que-sao-e-como-agem/>>. 2020
- COSTA, Mateus Sales Medeiros de Almeida. **Estudo de fotodegradação de corantes xantênicos utilizando os sistemas UV/TiO₂ e UV/S₂O₈**. Repositorio.ufc.br, 2020.
- Frota de Veículos - 2024**. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>>.
- Infográfico: a evolução da frota de veículos no Brasil**. Disponível em: <<https://www.agenciatatu.com.br/noticia/infografico-a-evolucao-da-frota-de-veiculos-no-brasil/>>. 2022
- JONATAN TORRES-PÉREZ et al. **Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina**. Cultura Científica y Tecnológica, v. 17, n. 1, 1 jan. 2020.
- LEMOS, Jéssica Aline Santos. **Estudo da influência dos metais e do método de síntese de materiais com estrutura perovskita nas propriedades adsorptivas em meio líquido**. 2022. 136 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022
- LYRIO, M. et al. **Comparando a eficiência analítica das técnicas de FTIR, UV-Vis, CLAE-DAD e ESI(+)MS no estudo de corantes alimentares**. Química Nova, 1 jan. 2023.
- NOREEN, S. et al. **ZnO, Al/ZnO and W/Ag/ZnO nanocomposite and their comparative photocatalytic and adsorptive removal for Turquoise Blue Dye**. Ceramics International, v. 48, n. 9, p. 12170–12183, 1 maio 2022.

PAGNONCELLI, J. P. et al. **Preparo e caracterização de filmes automontados da ftalocianina de cobre sulfonada**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 9, p. 72780–72787, 2020.

Passos dos Santos, Werlen. **Estudo multivariado do processo fenton heterogêneo na degradação de corante usando um catalisador magnetização espontânea em temperatura ambiente/** Werlen Passos dos Santos – 2022

PETER OLUSAKIN OLADOYE et al. **Advancements in adsorption and photodegradation technologies for rhodamine B dye wastewater treatment: Fundamentals, applications, and future directions**. Green Chemical Engineering, 1 dez. 2023.

QUARESMA, A. M. P.; SILVA, L. do S. V. da; COSTA, R. de C. C. da; RIVERA, J. G. B.; QUEMEL, G. K. C. **A presença do corante amarelo de tartrazina em medicamentos e seus efeitos à saúde: uma revisão da literatura**. Revista JRG de Estudos Acadêmicos, Brasil, São Paulo, v. 7, n. 15, p. e151487, 2024. DOI: 10.55892/jrg.v7i15.1487. Disponível em: <https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/1487>. 2024

RITZEL, A. P. **Aplicação de imagens digitais no monitoramento da fotodegradação da tartrazina**. 2023

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 3^a ed. 2023.

XIMENES, T. P. **Ensino Por Experimentação: Aplicação de Um Experimento Para o Ensino de Química**. 2021.

**APÊNDICE A – TABELAS DE RESULTADOS OBTIDOS DURANTE AS ANÁLISES
DAS SOLUÇÕES-PADRÃO DOS CORANTES ESTUDADOS**

Tabela 1 – Valores de concentração, absorbância e a média das absorbâncias para as soluções-padrão de tartrazina

Concentração (mg L ⁻¹)	Absorbância			Média	Desvio-padrão
	Replicata 1	Replicata 2	Replicata 3		
10	0,280	0,279	0,279	0,2797	0,00057735
15	0,412	0,411	0,412	0,4117	0,00057735
20	0,546	0,545	0,545	0,5457	0,00057735
30	0,81	0,81	0,81	0,81	0
40	1,072	1,071	1,071	1,0717	0,00057735
50	1,327	1,326	1,326	1,3267	0,00057735

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 2 – Valores de concentração, absorbância e a média das absorbâncias para as soluções-padrão de azul-turquesa

Concentração (mg L ⁻¹)	Absorbância			Média	Desvio-padrão
	Replicata 1	Replicata 2	Replicata 3		
10	0,177	0,177	0,177	0,177	0
15	0,251	0,252	0,252	0,2517	0,00057735
20	0,326	0,325	0,325	0,3253	0,00057735
30	0,468	0,468	0,468	0,468	0
40	0,604	0,604	0,605	0,6043	0,00057735
50	0,737	0,737	0,736	0,7367	0,00057735

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 3 – Valores de concentração, absorbância e a média das absorbâncias para as soluções-padrão de rodamina

Concentração (mg L ⁻¹)	Absorbância			Média	Desvio-padrão
	Replicata 1	Replicata 2	Replicata 3		
1	0,063	0,063	0,062	0,0627	0,00057735
2	0,106	0,106	0,106	0,106	0
5	0,242	0,242	0,243	0,2423	0,00057735
10	0,476	0,476	0,476	0,476	0
15	0,704	0,703	0,705	0,704	0,001

Fonte: elaborada pelo autor