



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO BACHAREL EM QUÍMICA

ADRIANO MAGALHÃES NUNES FREITAS

ANÁLISE DE CURCUMINA EM FARINHA DE MANDIOCA ADICIONADA DE
CÚRCUMA

FORTALEZA
2022

ANÁLISE DE CURCUMINA EM FARINHA DE MANDIOCA ADICIONADA DE CÚRCUMA

Monografia apresentada ao Curso de 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. Jair Mafezoli.

Orientador Profissional: Prof. Dr. Edy Sousa de Brito.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F936a Freitas, Adriano Magalhães Nunes.
Análise de curcumina em farinha de mandioca adicionada de cúrcuma / Adriano Magalhães Nunes
Freitas. – 2022.
50 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Química, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Jair Mafezoli.
Coorientação: Prof. Dr. Edy Sousa de Brito.
1. Curcuma longa L.. 2. Curcumina. 3. Curcuminoides. 4. Análise qualitativa. I. Título.
- CDD 540
-

ADRIANO MAGALHÃES NUNES FREITAS

ANÁLISE DE CURCUMINA EM FARINHA DE MANDIOCA ADICIONADA DE
CÚRCUMA

Monografia apresentada ao Curso de 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: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jair Mafezoli (Orientador Pedagógico)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Edy Sousa de Brito (Orientador Profissional)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Geraldo Barbosa (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, José Wanderley e Silvana
Magalhães.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará por me conferir esta oportunidade de se descobrir, conhecer e tornar-me mais sábio, além de todas as experiências pessoais e profissionais vividas ao longo do curso.

Aos meus pais, José Wanderley da Silva Freitas e Silvana Magalhães Nunes Freitas, por sempre me darem um apoio sólido e sempre me apoiarem em meus estudos.

Ao meu irmão, Raoni Magalhães Nunes Freitas, por sempre me acompanhar e dar suporte às minhas necessidades.

À minha prima, Mayara Cipriano, por sempre estar presente em minha vida e compartilhar momentos importantes perto de mim.

Às minhas melhores amigas, Camila Antonioli e Tamires Moura, por desde cedo estarem comigo, mesmo que não fisicamente, mas sempre presentes em minha vida.

Ao meu amigo, Gustavo Santos, por estar presente em um período muito difícil da minha vida pessoal, e ter me ajudado a superar com sua companhia e apoio.

À minha família, por sempre apoiarem e incentivarem a minha jornada acadêmica.

Aos meus professores ao longo do curso, que propiciaram um ambiente e trocaram experiências enriquecedoras para minha vida profissional e pessoal.

Aos meus colegas de curso, todos que trabalhei junto em seminários e apresentações, além de todos que ajudaram em todas as dúvidas que tive durante as atividades das disciplinas.

À EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, e todos os seus funcionários, por ceder espaço e permitir que este trabalho fosse desenvolvido em suas instalações.

Aos professores desta banca, prof. Dr. Jair Mafezoli, prof. Dr. Edy Sousa de Brito, e prof. Dr. Francisco Geraldo Barbosa, por investirem seu valioso tempo e esforço para examinar o meu trabalho e conferir os resultados do meu esforço.

Por fim, a todos que me permitiram estar aqui hoje.

*“Quanto mais escura a noite, mais brilhantes
são as estrelas”.*

Fiódor Dostoiévski.

RESUMO

Advinda do continente asiático, a *Curcuma longa* L., planta também chamada de açafrão-da-terra, é utilizada como especiaria, sendo muito cultivada devido as suas diversas utilidades. Além do uso como condimento e corante, a cúrcuma é utilizada como agente terapêutico e medicinal, principalmente devido a sua alta capacidade antioxidante. Os principais componentes da cúrcuma são os curcuminoides, compostos fenólicos representados pela dimetoxicurcumina, bisdimetoxicurcumina e curcumina, sendo esta última responsável pela coloração amarela do rizoma desta planta. Devido à sua importância comercial e científica, faz-se necessário a quantificação do teor de curcumina em uma amostra para justificar suas propriedades físico-químicas. Neste trabalho, foram realizadas análises em 25 amostras de farinha de mandioca adicionadas de açafrão, incluindo 5 tipos de farinha, utilizando-se das técnicas de microNIR, colorímetro de refração, UV-Vis (leitor de microplacas) e CLAE. A análise por microNIR revelou uma absorvidade máxima em 1570,87 nm. Por colorimetria, obteve-se os valores médios para L* (77,88), a* (-5,06) e b* (43,48). Na análise por UV-Vis, as absorvâncias encontradas foram de 0,134 a 0,465. Na análise por CLAE, foram obtidas as áreas relativas para a curcumina de 7659 mAU a 235694 mAU.

Palavras-chave: *Curcuma longa* L.; curcumina; curcuminoides; análise qualitativa.

ABSTRACT

Curcuma longa L. comes from the Asian continent and is also called turmeric. It is a plant used as a spice and is being widely cultivated due to its various uses. Turmeric is used as a therapeutic and medicinal agent in addition to its use as a condiment and dye, mainly due to its high antioxidant capacity. The main components of turmeric are curcuminoids, phenolic compounds represented by dimethoxycurcumin, bisdimethoxycurcumin and curcumin, the latter being responsible for the yellow color of the rhizome of this plant. Due to its commercial and scientific importance, it is necessary to quantify the curcumin content in a sample to justify its physicochemical properties. This work analyzed on 25 samples of cassava flour added with saffron, including 5 types of flour, using the techniques of microNIR, refraction colorimeter, UV-Vis (microplate reader) and HPLC. MicroNIR analysis revealed a maximum absorptivity at 1570.87 nm. By colorimetry, the average values of L* (77,88), a* (-5,06) e b* (43,48). In the quantification by UV-Vis, the average absorbance found were from de 0,134, to 0,465 of curcumin. In the HPLC analysis, the relative areas were obtained, which ranged from 7659 mAU to 235694 mAU.

Keywords: *Curcuma longa* L.; curcumin; curcuminoids; qualitative analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curcuminoides presentes na cúrcuma: curcumina (1); desmetoxicurcumina (2); e bisdesmetoxicurcumina (3)	14
Figura 2 – <i>Curcuma longa</i> L. e o pó extraído de seus rizomas	17
Figura 3 – Equilíbrio ceto-enólico da curcumina	18
Figura 4 – Ilustração de uma transição eletrônica	20
Figura 5 – Espectro UV do ácido benzoico	21
Figura 6 – Escala, em um plano, utilizada nos colorímetros, descrevendo uma maçã vermelha	22
Figura 7 – Exemplo de fase estacionária para HPLC.....	24
Figura 8 – Esquema de um equipamento de CLAE	25
Figura 9 – Pacotes das amostras de farinha a serem analisadas	26
Figura 10 – Amostras controle utilizadas	27
Figura 11 – Equipamento de microNIR lendo uma das amostras.....	28
Figura 12 – Equipamento de colometria utilizado	28
Figura 13 – Alíquotas após pesagem em erlenmeyers	29
Figura 14 – Equipamento utilizado para a determinação por UV-Vis	30
Figura 15 – Equipamento utilizado para a CLAE	31
Figura 16 – Espectro da amostra T5R5	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curvas de absorção, sobrepostas, das amostras	32
Gráfico 2 – Correlação entre os valores de b^* medidos com os esperados	35
Gráfico 3 – Correlação entre os valores de absorbância UV medidos com os esperados	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de $\log \varepsilon$ na faixa indicada	33
Tabela 2 – Média dos dados obtidos do colorímetro para cada tipo de amostra	34
Tabela 3 – Média de absorvâncias das amostras a 415nm	36
Tabela 4 – Valores médios das áreas relativas de cada amostra	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NIR	<i>Near-infrared</i> / Infravermelho próximo
UV	Ultravioleta
Log	Logaritmo
nm	Nanômetro
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
HPLC	<i>High-performance liquid chromatography</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Δ	Varição
ε	Absortividade molar
%	Porcentagem
\pm	Mais ou menos
$^{\circ}$	Grau
λ	Comprimento de onda
μ	Micro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Curcuma longa	17
3.1.1	<i>A cúrcuma no Brasil</i>	17
3.1.2	<i>Uso comercial e científico</i>	18
3.2	Curcumina	18
3.2.1	<i>Propriedades biológicas</i>	19
3.3	Espectroscopia no ultravioleta (UV) e visível	19
3.3.1	<i>Lei de Lambert-Beer</i>	20
3.3.2	<i>Espectros</i>	21
3.3.3	<i>Colorimetria por remissão</i>	22
3.4	Cromatografia	23
3.4.1	<i>Fase estacionária</i>	23
3.4.2	<i>Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)</i>	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Amostras	26
4.2	Análises realizadas	27
4.2.1	<i>Determinação do máximo de absorção na faixa do infra-vermelho próximo por microNIR</i>	27
4.2.2	<i>Determinação da tonalidade e saturação da amostra por colorimetria de remissão</i>	28
4.2.3	<i>Extração por solvente da cúrcuma das amostras</i>	29
4.2.4	<i>Análise de regressão multivariada</i>	29
4.2.5	<i>Determinação da absorbância de curcumina por UV-Vis</i>	30
4.2.6	<i>Cromatografia Líquida de Alta Eficiência</i>	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

ANEXO A – VALORES COMPLEMENTARES DE L^*, a^* E	43
ANEXO B – CROMATOGRAMAS ADICIONAIS	45

1 INTRODUÇÃO

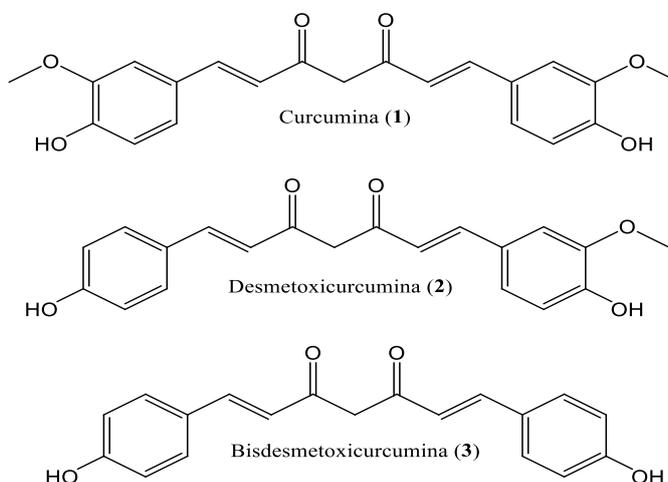
A *Curcuma longa*, conhecida como Açafrão-da-terra no Brasil e “turmeric” no exterior, é uma planta perene, com seu caule podendo chegar a até 1 metro de comprimento. Do seu rizoma é extraído a curcumina, substância da classe dos curcuminoides, com rendimento de 3% a 4% (EIGNER & SCHOLZ 1999). Do rizoma seco, triturado e fervido é extraído um pó amarelo denominado de cúrcuma. A cúrcuma é utilizada em culturas asiáticas como condimento e também como conservante, devido à sua natureza antioxidante (SABIR, S.M. 2021).

A curcumina presente é a responsável pela coloração amarela, sendo utilizada como corante natural em diversos alimentos na indústria, como em batatas chips (Ciência Rural, 2000). Também é possível empregá-la como um indicador de pH natural, pois a sua coloração muda de acordo com o pH do meio. Em meio básico, a curcumina exibe uma coloração avermelhada e em meio ácido ou neutro, amarelada (OLIVEIRA, D.E.T.B. et al. 2021).

No Brasil, a cúrcuma é amplamente consumida na região Norte e Nordeste, sendo adicionada na farinha de mandioca, devido ao seu valor nutricional e a sua coloração, pois a farinha mais amarela é mais apreciada pelos consumidores. Acrescenta-se ainda o clima favorável ao seu cultivo nestas regiões (DE SOUZA, V. A. et al. 2015).

A curcumina (1), junto da desmetoxicurcumina (2) e bisdesmetoxicurcumina (3), compõem a classe de substâncias chamadas de curcuminoides, as quais estão presentes no extrato do rizoma da cúrcuma (CORT, 1974).

Figura 1 – Curcuminoides presentes na cúrcuma: curcumina (1); desmetoxicurcumina (2); e bisdesmetoxicurcumina (3).



Fonte: o autor, 2022.

Diante da relevância comercial e científica da curcumina, a sua quantificação nos produtos que a utilizam, torna-se necessária. Este trabalho teve como objetivo quantificar a curcumina em amostras de farinha, utilizando as técnicas de microNIR, colorímetro de refração, UV-Vis (leitor de microplacas) e CLAE.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar quantitativamente a curcumina presente nas amostras de farinha de mandioca adicionadas de cúrcuma.

2.2 Objetivos específicos

Obter o comprimento de onda máximo de absorção em amostras sólidas por microNIR;

Avaliar a variação de coloração das amostras de farinha adicionadas de cúrcuma por colorimetria de refração;

Verificar a linearidade das análises colorimétricas por quimiometria;

Quantificar a absorbância da curcumina em amostras de farinha adicionadas de cúrcuma por UV-Vis;

Obter as áreas relativas dos curcuminoides por análise de CLAE.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Curcuma longa*

A *Curcuma longa* L. é o nome científico dado ao açafrão-da-terra, planta pertencente à família das Zingiberaceae, sendo também denominada de açafrão da Índia, batatinha amarela e turmeric. Esta é comumente confundida com a *Crocus sativus* L. devido à sua semelhança morfológica. *C. sativus* é chamado de açafrão verdadeiro, sendo a *C. longa* denominada apenas de cúrcuma (CECILIO, B. F. et al 2000). *C. longa* é nativa do continente asiático e utilizada principalmente como condimento (VILELA, A., 2008).

Sendo herbácea e perene, esta planta surgiu de florestas tropicais da Índia e seu rizoma alcança até 10 cm de comprimento, possuindo em seu interior uma aparência vermelho-alaranjada de cheiro forte. Esta deve-se ser cultivada em solo fértil, argiloso e de fácil drenagem (MOREIRA, S. 2018).

3.1.1. A cúrcuma no Brasil

Devido às condições naturais favoráveis ao seu plantio em solo brasileiro, a cúrcuma foi introduzida no país durante o período colonial, através dos garimpeiros, os quais a utilizavam como marcador de território, e dos escravos que a utilizavam como condimento (MOREIRA, S. 2018).

Figura 2 – *Curcuma longa* L. e o pó extraído de seus rizomas.



Fonte:

<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo_legenda/8b0aef45a8e9881ec71097efdf2926b8.jpg> Acesso em 16 de Janeiro de 2022.

3.1.2. *Uso comercial e científico*

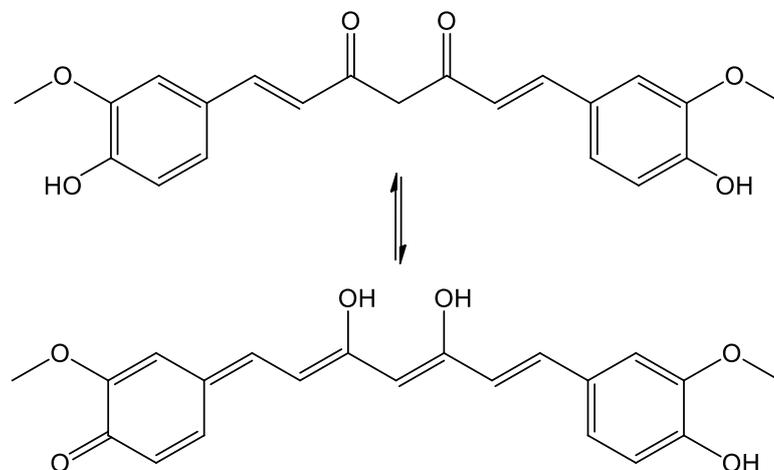
Atualmente, a cúrcuma é empregada na produção artesanal de farinha de mandioca, devido coloração amarelada fornecida ao produto, o que a torna comercialmente mais popular. A adição de cúrcuma, acrescenta a farinha minerais como potássio, fósforo e cálcio. Aumenta também o teor de cinzas do produto, cujo máximo permitido pela legislação é de 1,4%, sendo necessária a fiscalização em sua distribuição (DE SOUZA, V. A. 2015).

Da planta pode ser utilizado o pó, obtido após secagem e moagem do seu rizoma, ou o óleo essencial extraído dos rizomas. Tanto o pó quanto o óleo essencial apresentam propriedades antioxidantes, antibacterianas, antimicrobianos e corantes devido à presença da curcumina (ALBERTO, C. et al. 2008).

3.2 Curcumina

A curcumina (**1**) é um polifenol hidrofóbico pertencente à classe dos curcuminoides, apresenta massa molar de 368,38g mol⁻¹, fórmula molecular C₂₁H₂₀O₆ e ponto de fusão de 183°C (MANOLOVA, Y. et al 2014). A curcumina foi isolada pela primeira vez por Vogel em 1842 (TONNESEN, K. 1985) e sua estrutura química foi determinada por Roughley e Whiting em 1973. Seu nome IUPAC é 1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-hepta-1,6-dien-3,5-diona. A curcumina possui tautomerismo, havendo equilíbrio ceto-enólico (Figura 3).

Figura 3 – Equilíbrio ceto-enólico da curcumina.



Fonte: o autor, 2022.

Estudada por RUSIG & MARTINS (1990), a estabilidade da curcumina foi conferida de acordo com o pH e temperatura. A molécula se mostrou estável na faixa de 4,0 a 7,0 de pH e numa temperatura inferior a 125°C, onde houve degradação significativa da propriedade corante da substância. Além disso, o fator luminosidade também afeta diretamente sua estabilidade, sendo mais significativo que a degradação por oxigênio (CECILIO, B. et al. 2000).

A curcumina pode ser utilizada como um indicador de pH natural. Esta exibe coloração amarelada em pH abaixo de 7,4 e avermelhada em pH acima de 8,6. Assim, esta pode ser empregada no ensino de química, principalmente no ensino médio e fundamental (FAGUNDES et al. 2016).

A presença de ligações duplas entre carbonos (C=C), carbono-oxigênio (C=O), ligações C-O, e O-H, permite sua análise por UV-vis (RÍOS, E. et al. 2009).

3.2.1 Propriedades biológicas

Uma das principais propriedades biológicas da curcumina é o seu alto poder antioxidante, que significa a capacidade de prevenir a oxidação de outras substâncias enquanto presente no meio, impedindo a formação de radicais livres (GUTTERIDGE, 2007).

A curcumina demonstrou-se eficaz no tratamento de acidente vascular cerebral, estudada *in vitro* por Wang (2013) constatou-se que houve aumento na quantidade de proteínas de junção contribuidoras para a barreira hematoencefálica impermeável, reduzindo o edema cerebral causado pela doença (PEREIRA, C. 2015).

A capacidade de ser identificada no cérebro após administração via oral, e sua propriedade antioxidante, permite à curcumina ser estudada na utilização em tratamentos eficazes contra doenças como diabetes, esclerose múltipla, fibrose pulmonar, AIDS, alergias e doenças cardiovasculares (AGGARWAL, H. 2009; AGGARWAL, K. et al 2003; SHISHODIA et al 2005; SHARMA et al 2005).

3.3 Espectroscopia no ultravioleta (UV) e visível

Uma espécie química pode absorver parte de uma radiação contínua enquanto atravessa um material transparente, e se essa radiação, que sobrou, atravessar um prisma, irá

gerar intervalos transparentes, identificando os comprimentos de ondas, absorvidos pela aquela espécie, denominados de **espectro de absorção** (PAVIA, D. et al. 2018).

Durante o processo de absorção, átomos ou moléculas, anteriormente em um estado de menor energia, passam a estar carregando maior energia, ou seja, passando do **estado fundamental** para o **estado excitado**. Para a espectroscopia do ultravioleta e do visível, onde os comprimentos de onda compreendem o intervalo de 190 a 380 nm (UV) e de 400 a 800 nm (Visível), os elétrons são a unidades que irão partir de um orbital ocupado de maior energia, caracterizando o (**HOMO**), para ocupar o orbital desocupado de menor energia, o (**LUMO**) (PAVIA, D. et al. 2018).

Figura 4 – Ilustração de uma transição eletrônica.



Fonte: PAVIA, D. et al. 2018.

3.3.1 Lei de Lambert-Beer

A **Lei de Lambert-Beer** correlaciona a radiação absorvida pela amostra com a concentração dessa amostra.

Equação 1 – Lei de Lambert-Beer

$$A = \log (I_0/I) = \epsilon c l$$

Onde:

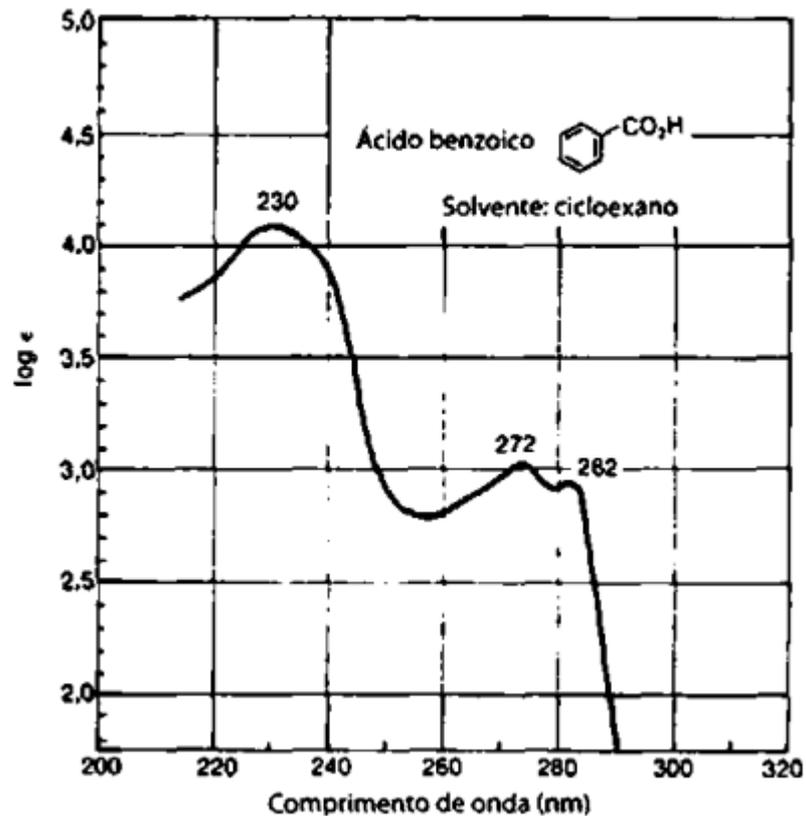
- ✓ A = absorvância;
- ✓ I_0 = intensidade de luz incidente na cela de amostra;
- ✓ I = intensidade de luz que sai da cela de amostra;
- ✓ c = concentração molar do soluto;
- ✓ l = comprimento da cela de amostra, em cm;
- ✓ ϵ = absorvidade molar.

Lembrando que essa expressão tem limitações, como por exemplo, o uso de altas concentrações da amostra, pois a alta densidade de moléculas que absorvem a radiação pode provocar desvios devido às interações intermoleculares (PAVIA, D. et al. 2018).

3.3.2 Espectros

Espectros são a parte fundamental de uma análise espectroscópica. Na espectroscopia de UV e visível, são gráficos que relacionam absorvidade molar (ϵ) com comprimento de onda (λ), no formato $\lambda_{\text{máx}}$ vs $\log \epsilon$ (PAVIA, D. et al. 2018).

Figura 5 – Espectro UV do ácido benzoico.



Fonte: Friedel & Orchin, 1951.

De acordo com os dados obtidos dos espectros, independente da faixa de absorção, pode-se fazer relação com a estrutura química dos átomos ou moléculas analisadas, sendo uma ferramenta muito útil para caracterizar substâncias e justificar suas propriedades (PAVIA, D. et al. 2018).

3.3.3 Colorimetria por remissão

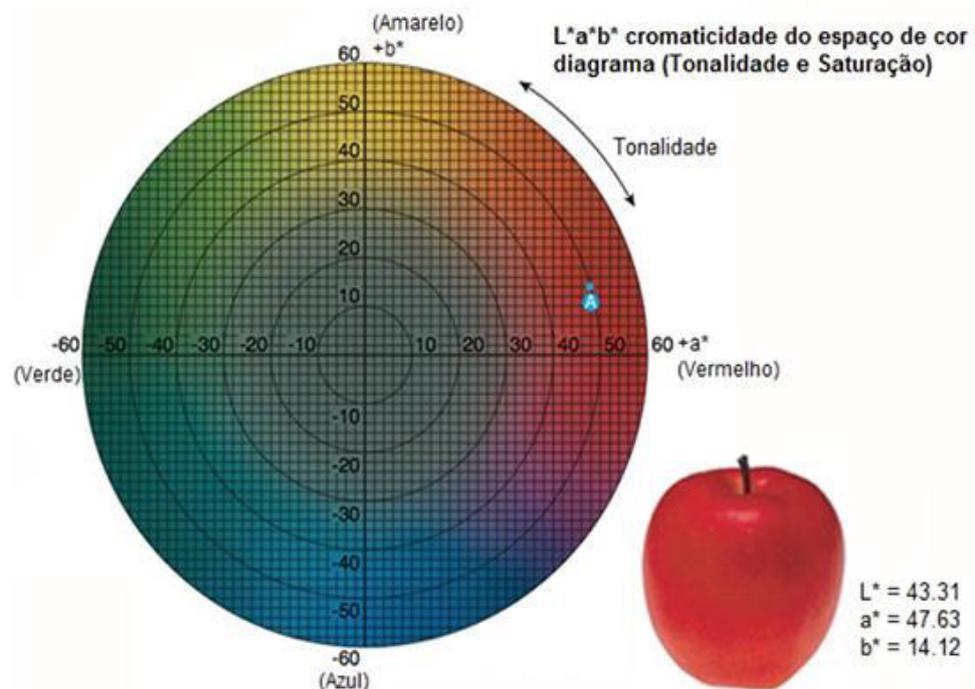
O colorímetro é um equipamento que se utiliza da técnica de reflectância da luz para oferecer parâmetros relacionados à cor do analito.

O seu funcionamento se sustenta através de uma escala que relaciona os padrões de cores, tendo três principais parâmetros:

- L^* , a luminosidade, sendo valores positivos mais claro e valores negativos mais escuro);
- a^* , a coordenada vermelho/verde, onde quanto maior e mais positivo o número, mais próximo do vermelho, e quanto menor e mais negativo, mais próximo do verde;
- b^* , a coordenada amarelo/azul, onde quanto maior e mais positivo, mais amarelo é o analito, e quanto menor e mais negativo, mais próximo do azul.

A escala é um sistema de três coordenadas cartesianas que são expressas em um gráfico circular de três eixos:

Figura 6 – Escala, em um plano, utilizada nos colorímetros, descrevendo uma maçã vermelha.



Fonte: disponível em <<https://textil.sp.senai.br/galeriaimagens/imageviewer.ashx?Url=53178>>

Acesso em 17 de Janeiro de 2022.

Para definir o quão o analito está distante dos parâmetros de um padrão, utiliza-se a seguinte equação:

Equação 2 – diferença total da cor entre padrão e analito.

$$\Delta E = [2\Delta L^* + 2\Delta a^* + \Delta b]/2$$

Onde:

- ΔE = magnitude da diferença de cores entre analito e padrão;
- ΔL^* = diferença entre o maior L^* e o menor L^* ;
- Δa^* = diferença entre a^* , da substância de maior L^* , e a^* da de menor;
- Δb^* = diferença entre b^* , da substância de maior L^* , e b^* da de menor.

Assim, através das leituras do equipamento, pode-se fazer uma comparação imediata entre as substâncias, verificando se ela se enquadra, ou não, no desejado de acordo com sua distância das medidas com o padrão (FIOROTTO, N. SENAI SP).

3.4 Cromatografia

A cromatografia é uma técnica de separação de substâncias através da interação das moléculas com a fase móvel e a fase estacionária: a fase estacionária encontra-se fixa ao longo de uma coluna cromatográfica; enquanto a fase móvel irá carrear as moléculas ao longo da coluna ao longo do tempo. De acordo com o grau, e tempo, de interação com a fase estacionária, pode-se quantificar uma substância (FÁDIA, A. 2019).

O tempo que uma molécula fica retida na coluna é chamado de **tempo de retenção**, ele não pode ser extremamente curto, pois não ocorrerá uma separação eficiente, e não muito longo, pois aumentará muito o tempo de análise (FÁDIA, A. 2019).

3.4.1 Fase estacionária

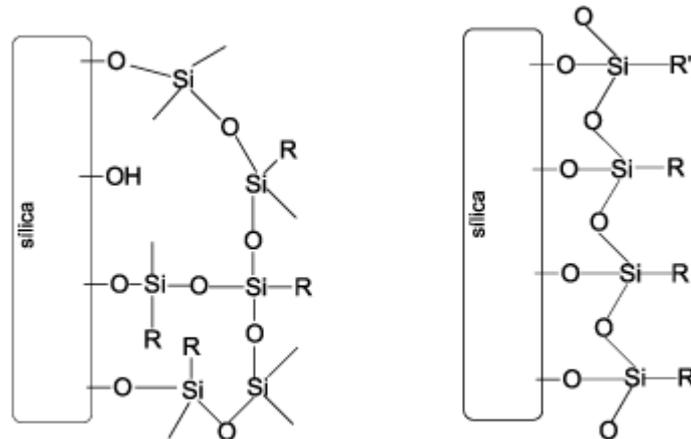
A fase estacionária é um material que irá interagir com as moléculas da amostra injetada na coluna, e influencia diretamente a qualidade dos cromatogramas obtidos, podendo ser um sólido poroso ou um líquido (FÁDIA, A. 2019).

Para empregar um material como fase estacionária, deve-se considerar uma substância que seja quimicamente inerte ao analito. (FÁDIA, A. 2019).

A fase estacionária pode ser do tipo reversa, normal ou de troca iônica. A sílica é a substância mais utilizada como fase estacionária, devido à sua largura de poro, boa área superficial, densidade e permite sua combinação com outras fases para uma separação mais

específica (SKOOG, D. et al 2006). A fase estacionária em fase reversa é a mais utilizada na cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Algumas fases estacionárias de fase reversa são exemplificadas na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de fases estacionárias constituídas de sílica para HPLC.



Fonte: adaptado de TONHI et al 2002.

3.5.2 Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

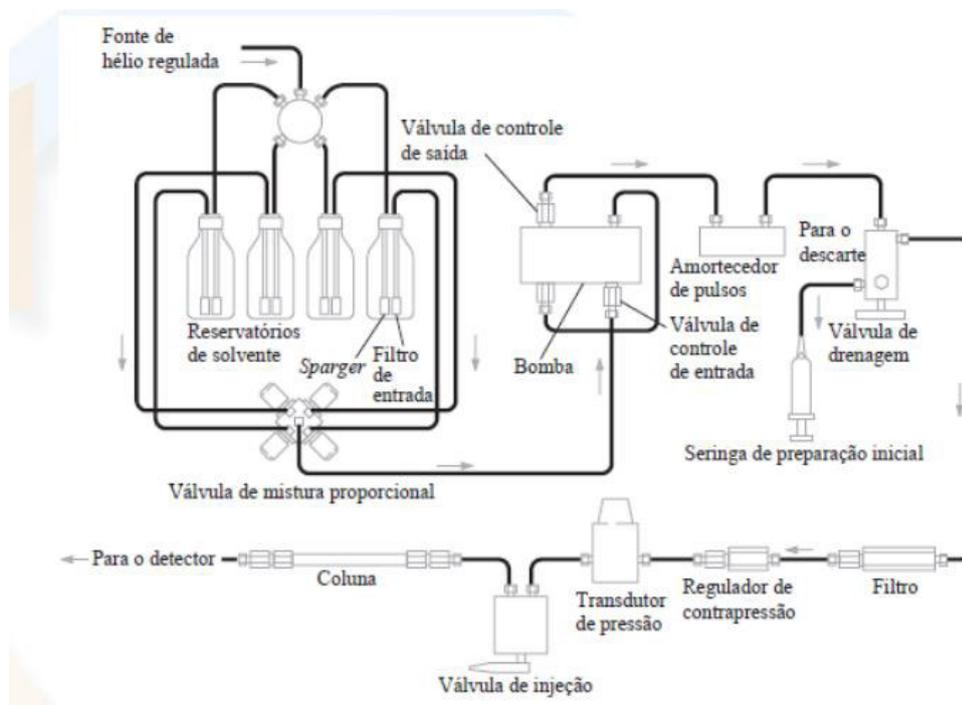
Também chamada de *High-performance liquid chromatography* (HPLC), é um equipamento em que se utilizando bombas de alta pressão na eluição da fase móvel, onde os suportes da coluna são partículas diminutas que aumentam sua eficiência (FÁDIA, A. 2019).

As características desta técnica são a utilização de bombas que alcançam pressões de até 6000 psi, vazões na faixa de 0,1 a 10 mL/min, possibilidade do uso de colunas preparativas e semi-preparativas, vazão constante e pressão de saída de até 10.000 psi (SKOOG, D. et al 2006).

As vantagens desta técnica são:

- ✓ Baixo tempo total de análise;
- ✓ Coluna reaproveitável para outras análises;
- ✓ Alta resolução e sensibilidade;
- ✓ Versátil pela diversidade de fases estacionárias.

Figura 8 – Esquema de um equipamento de CLAE.



Fonte: SKOOG, 2006.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais (LMQPN) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Fortaleza, Ceará.

4.1 Amostras

Foram analisadas 25 amostras de farinha de mandioca adicionadas de cúrcuma, pertencentes a 5 tipos diferentes, fornecidas pela Profa. Dra. Virgínia de Souza Álvares da EMBRAPA Acre. As amostras foram identificadas conforme abaixo:

- ✓ Tipo 1 - T1R1, T1R2, T1R3, T1R4 e T1R5;
- ✓ Tipo 2 - T2R1, T2R2, T2R3, T2R4 e T2R5;
- ✓ Tipo 3 - T3R1, T3R2, T3R3, T3R4 e T4R5;
- ✓ Tipo 4 - T4R1, T4R2, T4R3, T4R4 e T4R5;
- ✓ Tipo 5 - T5R1, T5R2, T5R3, T5R4 e T5R5.

Todas as amostras estavam embaladas em sacos plásticos, com alumínio revestindo as paredes internas e um feixe plástico para a vedação após sua abertura, conforme figura 9.

Figura 9 – Pacotes das amostras de farinha a serem analisadas.



Fonte: o autor, 2022.

Foram usadas como controle amostras comerciais da marca Fibra, sendo uma sem cúrcuma (chamada de Farinha Normal) e a outra adicionada de cúrcuma (chamada de Farinha Amarela), conforme figura 10.

Figura 10 – Amostras controle utilizadas, normal e amarela.



Fonte: o autor, 2022.

4.2 Análises realizadas

4.2.1 Determinação do máximo de absorção na faixa do infra-vermelho próximo por *microNIR*

Na realização dessa análise foi utilizado o equipamento VIVAVI *microNIR*TM, modelo 1700 ES, de duas lâmpadas de tungstênio integradas à vácuo.

Cada amostra foi despejada em um pequeno suporte de madeira, em quantidade adequada para deixar o fundo coberto e ser possível a leitura apenas da amostra. A fonte de luz do equipamento foi incidida diretamente sobre a superfície de cada amostra analisada, conforme a figura 11. Os espectros de absorbância foram obtidos na faixa de comprimento de onda de 900 a 1660 nm. As amostras foram analisadas em quintuplicatas pelo software *Spectral Solutions*, gerando os gráficos de absorbância vs comprimento de onda.

Figura 11 – Equipamento de microNIR lendo uma das amostras.



Fonte: o autor, 2022.

4.2.2. Determinação da tonalidade e saturação da amostra por colorimetria de remissão

Para a realização da análise por colorimetria de remissão, foi utilizado o espectrofotômetro CM-5, da marca KONICA MINOLTA, modelo de bancada, lâmpada de xenônio, descrição.

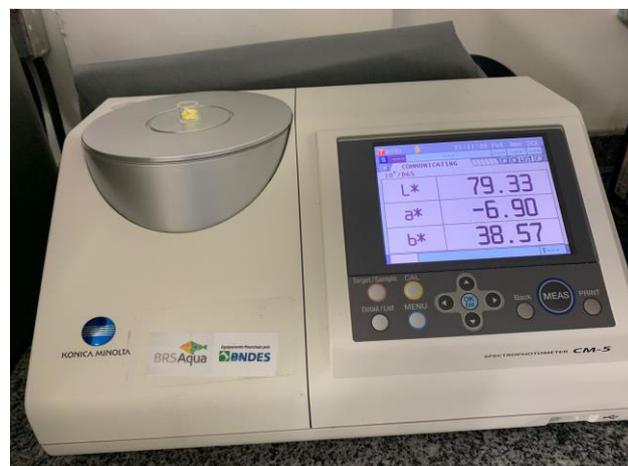
A amostra foi colocada em uma cubeta e posicionada sobre a abertura de leitura do espectrofotômetro, conforme figura 12. Cada amostra foi lida 24 vezes pelo dispositivo, sendo utilizada a média aritmética das leituras. Os resultados foram expressos nas variáveis L^* , a^* e b^* , onde:

L^* = Luminosidade

a^* = coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde)

b^* = coordenada amarelo / azul (+b indica amarelo e -b indica azul)

Figura 12 – Equipamento de colorimetria utilizado.



Fonte: o autor, 2022.

4.2.3. Extração por solvente da cúrcuma das amostras de farinha

Nesta etapa, foram pesados em uma balança analítica da marca BIOPRECISA, cerca de 1,0 g de cada amostra para realizar a extração da curcumina contida em cada farinha. O solvente utilizado foi o metanol P.A., além de um papel filtro quantitativo da marca Unifil, com diâmetro de 12,5 cm.

Figura 13 – Alíquotas após pesagem em erlenmeyers.



Fonte: o autor, 2022.

Pesou-se 1,0 g das amostras em erlenmeyers de 125 mL e foram adicionados 25 mL de metanol P.A. Deixou-se sob agitação em um banho de ultrassom por 10 minutos. Em seguida, filtrou-se através do papel filtro de porosidade 0,20 mm para um balão de fundo redondo de 250 mL. Esse processo foi repetido mais 3 vezes para cada amostra. O extrato foi concentrado sob pressão reduzida em um rotaevaporador. A amostra foi concentrada e diluída em 5 mL de metanol, sendo transferida e acondicionada em frascos de vidros tubulares em geladeira.

4.2.4 Determinação da absorbância de curcumina por UV-Vis

Para esta análise, foi utilizado o equipamento leitor de microplacas iMarkTM, da fabricante BIO-RAD, modelo #168-1130, de oito canais. Dos extratos de cada amostra, foram retiradas alíquotas de 100 μ L e distribuídos em uma microplaca para a análise a um comprimento de onda de 415 nm. Cada leitura foi realizada em triplicata. O caminho óptico considerado foi de 127,76 mm.

Figura 14 – Equipamento utilizado para a determinação por UV-Vis.



Fonte: o autor, 2022.

4.2.5 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

Para a CLAE, foi utilizada o seguinte método, descrito por Bruno Fonseca et al. em 2015:

Utilizou-se o Prominence UFLC Shimadzu. Fase móvel composta de acetonitrila e água, adicionada de 2% ácido acético, 50:50 v/v. Coluna C₁₈, 300mm, a uma vazão de 1,2 mL min⁻¹, em um comprimento de onda de 425 nm UV. Com um volume de injeção de 100 µL de cada amostra, expressando tempo de retenção de aproximadamente 30 minutos para as amostras. Foi utilizado o software *LabSolutions* para produzir os cromatogramas de cada amostra lida pelo equipamento.

Figura 15 – Equipamento utilizado para a CLAE.



Fonte: o autor, 2022.

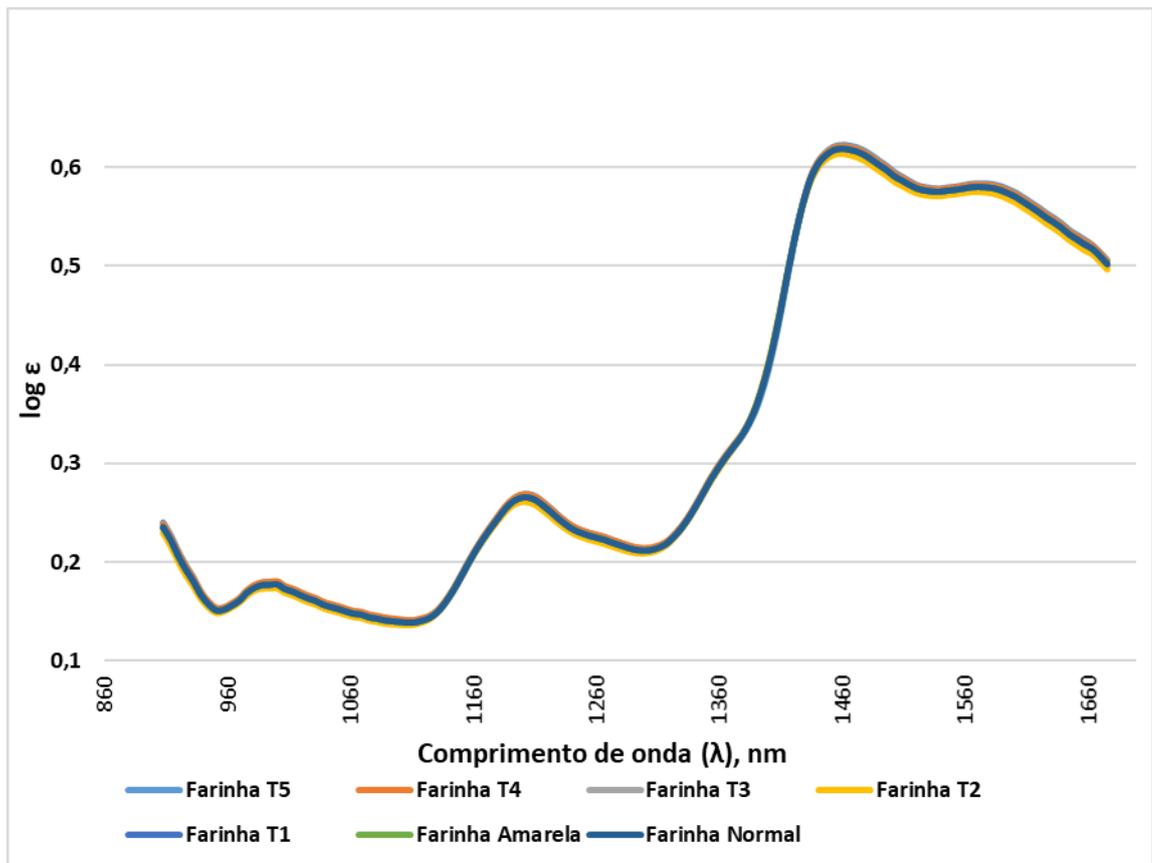
4.2.4 Análise de regressão multivariada

Uma análise de regressão multivariada foi desenvolvida através do método conhecido como PLS (Partial Least Squares), para dessa forma, correlacionar os espectros de NIR com os dados das farinhas adquiridos por colorimetria (L^* , a^* e b^*) e análises por UV (previamente descrita). Uma matriz numérica foi construída separadamente para cada tipo de análise das amostras de farinha (espectros de NIR, colorimetria e UV). Os dados foram importados pelo programa PLS-Toolbox® (Eigenvector Research Incorporated, Manson, WA, USA, 2018) para o utilização nas análises por PLS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos dados obtidos pelo microNIR, foram plotados gráficos de logaritmo da absorvância ($\log \epsilon$) vs comprimento de onda (λ), em nm. O tratamento matemático se deu pelo cálculo do valor médio de todas as amostras para cada tipo, sendo realizadas 5 medidas de cada repetição. Ao final, tem-se aferido a média aritmética dos pontos obtidos para cada tipo de farinha.

Gráfico 1 – Curvas de absorção, sobrepostas, das amostras.



Fonte: o autor, 2022.

Todas as amostras analisadas apresentaram o máximo de absorção no comprimento de onda de 1570,87 nm, sendo os valores médios de $\log \epsilon$ indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de $\log \epsilon$ na faixa indicada.

Amostra	Log ϵ médio
Farinha T5	0,582426923
Farinha T4	0,604662025
Farinha T3	0,618844686
Farinha T2	0,643493757
Farinha T1	0,635912409
Média	0,61706796
Farinha Amarela	0,712620081
Farinha Normal	0,58010097

Fonte: o autor, 2022.

A média dos coeficientes de extinção encontrada para todas as amostras analisadas, no comprimento de onda de 1570,87 nm, encontra-se entre os valores da farinha normal (sem curcumina) e a farinha amarela (com curcumina). Isto demonstra a presença de curcumina em todas as amostras analisadas. A diferença para a farinha amarela padrão pode estar relacionada a intensidade da coloração amarela ou a sua tonalidade. Por tratar-se de amostras sólida e granuladas, variações na absorção devido a não uniformidade dos grãos da farinha, bem como diferenças na reflexão da luz pelas amostras, também podem ter interferido no valor encontrado para o coeficiente de extinção médio ($\log \epsilon$). De acordo com a **Lei de Lambert-Beer**, o aumento da concentração de curcumina nas farinhas também pode provocar desvios nas leituras em altas concentrações, havendo assim desvios na leitura obtida pelo instrumento.

O resultado obtido na análise por microNIR, sendo o comprimento de onda de 1570,87 nm para o máximo de absorção para as farinhas contendo adição de curcumina, pode ser utilizado para quantificar a concentração de curcumina nas farinhas aditivadas com esse corante natural.

O espectrofotômetro de remissão foi utilizado para analisar a cor das amostras de farinha aditivadas com curcumina. Os resultados foram obtidos em termos das coordenadas **L*** (luminosidade, onde +L = mais claro, -L = mais escuro), **a*** (tonalidade vermelho/verde, onde +a indica vermelho e -a indica verde) e **b*** (tonalidade amarelo/azul, onde +b indica amarelo e -b indica azul). A Tabela 2 apresenta os resultados colorimétricos para todas as farinhas analisadas.

Tabela 2 – Média dos dados obtidos do colorímetro para cada tipo de amostra.

Amostra	L*_{méd} (°)	a*_{méd} (°)	b*_{méd} (°)
Farinha T1	76,49	-2,43	12,41
Farinha T2	77,45	-6,97	39,36
Farinha T3	77,48	-6,1	50,51
Farinha T4	81,18	-5,71	57,54
Farinha T5	76,78	-4,08	57,58
Média	77,88	-5,06	43,48
Farinha Normal	80,53	-0,05	13,07
Farinha Amarela	71,87	-2,81	37,42

Fonte: o autor, 2022.

A coordenada L* mostrou resultado médio de luminosidade de 77,88, estando entre os valores da farinha normal e a farinha amarela. Essa coordenada mostrou pequena variação entre as amostras analisadas. O valor médio está mais próximo da farinha normal, indicando que o substrato branco da farinha tem grande influência nesse parâmetro.

A média da coordenada a* (-5,06) indicou que a tonalidade vermelho/verde das farinhas analisadas encontra-se mais para a tonalidade verde em relação as farinhas normal e amarelada, sendo a farinha T1 (-2,43) com tonalidade mais próxima a farinha amarela (-2,81).

A média da coordenada b* (43,48) indicou que a tonalidade das farinhas analisadas apresentou variação maior para amarelo em relação as farinhas normal e amarela. Com exceção da farinha T1 (12,41), a qual apresentou tonalidade muito próxima a farinha normal (13,07), indicando uma cor muito clara ou próxima do branco da farinha normal, as demais amostras apresentaram coloração mais amarelada em relação a farinha amarela.

Comparando-se os resultados obtidos para amostras de farinha (T1-T5) com os encontrados por Sabrina Silva de Campos (2017) para a cor de filtros tingidos com curcumina, temos :

Amostras filtros tingidos	Amostras de farinha (T1-T5)
L* = 63,99 (±4,24) à 79,31 (±2,52)	L* = 77,88
b* = 9,04 (±3,46) à 74,36 (±5,22)	b* = 43,48
a* = -3,96 (±1,9) à -14,32 (±2,71)	a* = -5,06

Todos os valores encontrados para as amostras de farinha analisadas por colorimetria neste trabalho encontram-se dentro da faixa de valores encontrados para o trabalho descrito na literatura com filtros tingidos com curcumina (SABRINA, 2017).

Os resultados obtidos para L^* , a^* e b^* das farinhas analisadas podem ser sugeridos como parâmetros para a normatização do padrão de qualidade da cor das farinhas aditivadas de curcumina.

Após a extração dos curcuminóides das amostras de farinha, conforme item 4.2.3, todas as amostras tiveram sua absorvância analisadas a no comprimento de onda de 415 nm, conforme item 4.2.4. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 4, sendo apresentado apenas a média das absorções. A concentração real das amostras não foi obtida, pois não houve tempo hábil para a realização da curva de calibração. No entanto, pode-se verificar um aumento progressivo na absorvância das amostras T1 para T5, indicando um aumento da concentração dos curcuminóides nas amostras analisadas.

Tabela 3 – Média de absorvâncias das amostras a 415nm.

<i>Amostra</i>	<i>Absorvância</i>
T1	0,134
T2	0,16
T3	0,193
T4	0,43
T5	0,465

Fonte: o autor, 2022.

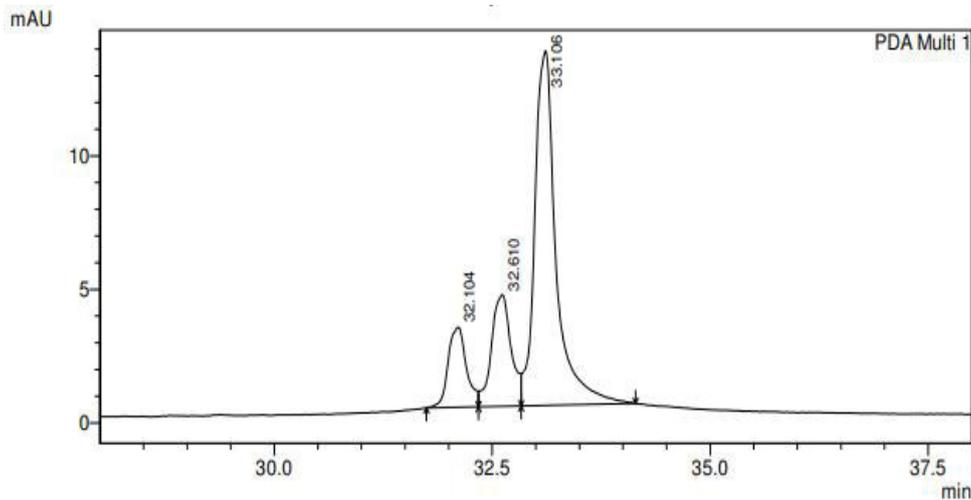
As amostras de curcuminóides também foram analisadas por CLAE, utilizando os parâmetros cromatográficos descritos no item 4.2.5. Os três componentes dos curcuminóides se mostraram presentes nas amostras, conforme cromatograma da Figura 16. O principal componente dos curcuminóides é a curcumina. Desta forma, a área relativa média do pico mais intenso foi determinada para todas as amostras de farinha, conforme Tabela 4. A curva de calibração, da mesma forma que a análise por UV-Vis, não foi obtida em tempo hábil. No entanto, pode-se perceber um aumento progressivo da área relativa, indicando um aumento da concentração da amostra T1 para T5.

Tabela 4 – Valores médios das áreas relativas de cada amostra.

<i>Amostra</i>	<i>Área relativa média (mAU)</i>
Farinha T1	7659
Farinha T2	57738
Farinha T3	75050
Farinha T4	192426
Farinha T5	235694

Fonte: o autor, 2022.

Figura 16 – Espectro da amostra T5R5.



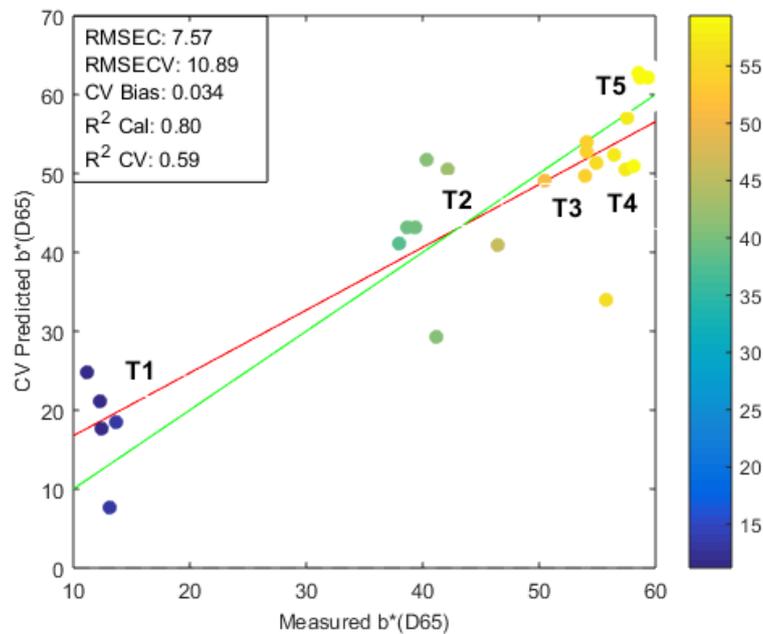
Fonte: o autor, 2022.

Para construção dos modelos estatísticos multivariados, os dados dos espectros de NIR foram tratados usando o algoritmo conhecido como MSC (Multiplicative Scatter Correction), o qual assume que cada espectro é determinado pelas características químicas somadas às características físicas indesejadas (como influência da luz do ambiente na análise). Posteriormente, tanto os dados dos espectros de NIR quanto os dados adquiridos por colorimetria e UV foram autoescalados (centralizados em torno da média com posterior escalonamento pela variância). O número de variável latente (LV) nas modelagens foi selecionado de acordo com o decréscimo dos erros adquiridos pelos métodos RMSEC (Root Mean Squares Error of Calibration) e RMSECV (Root Mean Squares Error of Cross-Validation) e decréscimo do valor de Bias (mede a distorção do modelo causada por amostras

anômalas), de acordo com o aumento da variância total acumulada e aumento dos coeficientes de correlação na calibração (R^2_{cal}) e na validação cruzada (R^2_{CV}).

De acordo com os dados do parâmetro b^* das amostras, foi determinado que as amostras T1, T3 e T4 foram as que mais se enquadraram na linearidade apresentada pela análise quimiométrica. As amostras de T5 tiveram um ligeiro desvio positivo para o modelo, mas ainda próximo da linearidade prevista. As amostras de T2 apresentaram dois desvios positivos acentuados e um negativo acentuado, sendo a que menos se adequou à linearidade prevista por este modelo (gráfico 2).

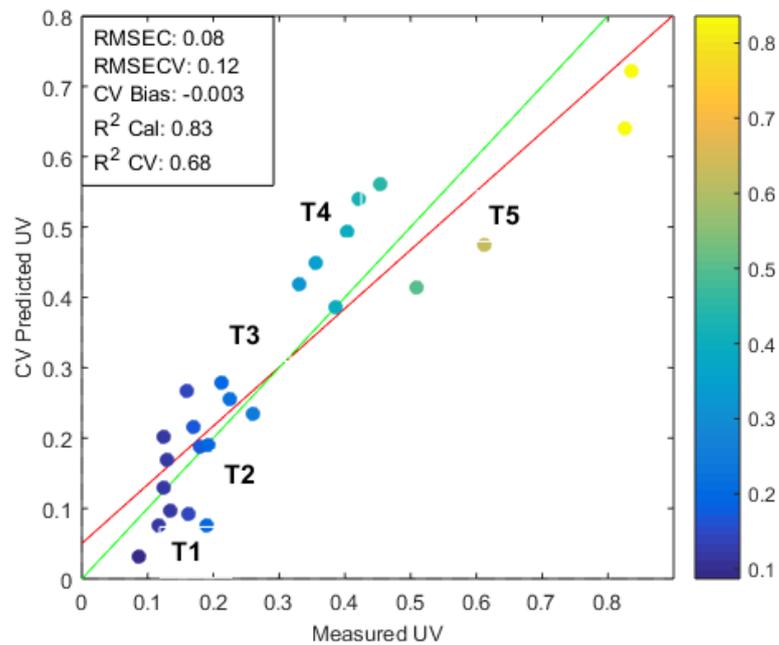
Gráfico 2 – Correlação entre os valores de b^* medidos com os esperados.



Fonte: PLS-Toolbox®, 2022.

Considerando os valores de absorção máxima obtidas pelo microNIR, obteve-se um modelo de linearidade onde todas as amostras se enquadraram na sua faixa de linearidade. As amostras T1, T2 e T3 foram as que apresentaram valores mais próximos da linearidade, com menos desvios. As amostras T4 e T5 apresentaram desvios positivos e negativos, porém ainda se enquadrando na linearidade esperada pelo modelo (gráfico 3).

Gráfico 3 – Correlação entre os valores de absorbância UV medidos com os esperados.



Fonte: PLS-Toolbox®, 2022.

As amostras analisadas provenientes das análises por microNIR (UV) apresentaram melhor linearidade em relação as amostras analisadas por colorimetria, levando em consideração a coordenada b^* . Nas análises por microNIR, ocorre a análise a absorção da radiação eletromagnética e por colorimetria de remissão ocorre a análise da radiação refletida da amostra. Devido a não uniformidade da amostra (grão de farinha), a análise por colorimetria apresenta maiores desvios em relação a análise por microNIR.

6 CONCLUSÃO

A análise por microNIR mostrou o comprimento de onda de 1570,87 nm para o máximo de absorção das farinhas contendo adição de curcumina. Desta forma, esse comprimento de onda pode ser utilizado para quantificar a concentração de curcumina nas farinhas aditivadas com esse corante natural.

Os resultados obtidos por espectroscopia de remissão na análise da cor das farinhas amarelas, ou seja, as coordenadas L^* , a^* e b^* na escala de cores, podem ser sugeridos como parâmetros para a normatização do padrão de qualidade da cor das farinhas aditivadas com curcumina, ou mesmo servir de base para estudos mais robustos com este objetivo.

O método de extração por solvente, usando metanol, se mostrou adequado para o a análise dos curcuminóides presentes nas farinhas aditivadas com curcumina. As análises da absorbância por UV-Vis e por CLAE, confirmaram a extração dos curcuminóides, bem como o aumento sequencial da concentração destes nas farinhas T1 a T5. A obtenção de curvas de calibração para as análises quantitativas de UV-Vis e CLAE são os passos seguintes na continuação deste trabalho.

A análise quimiométrica, levando em consideração a coordenada b^* (colorimetria) e microNIR, mostrou haver maior linearidade nas análises envolvendo absorção de radiação (MicroNIR) em relação a remissão da radiação (Colorimetria). Supõe-se que essa diferença nos resultados seja devido a não uniformidade da amostra (grão de farinha), influenciando de forma mais significativa na reflectância da radiação.

REFERÊNCIAS

- ALVIS, Armando; ARRAZOLA, Guillermo; MARTINEZ, Walter. **Evaluación de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcohólicos de Cúrcuma (Cúrcuma longa)**. Inf. tecnol. La Serena, v. 23, n. 2, p. 11-18, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000200003&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 20 de Janeiro de 2020.
- CORTEZ, Mariela Valentina et al. **Effect of heat and microwave treatments on phenolic compounds and fatty acids of turmeric (Curcuma longa L.) and saffron (Crocus sativus L.)**. Brazilian Journal of Food Technology. 2020, v. 23, e2019205. Epub 22 Apr 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-6723.20519>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.
- COSQUILLO-RAFAEL, Martha F. et al. **Efecto citotóxico y genotóxico in vitro del extracto crudo y etanólico del rizoma de Curcuma longa L.** Rev. perú. med. exp. salud publica, Lima, v. 37, n. 3, p. 454-461, Julho 2020. Disponível em: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342020000300454&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.
- FÁDIA, Antônia. **Métodos Cromatográficos**. 1ª Edição. ED UECE. 2019.
- FIOROTTO, Nilton. **Entendendo o espaço de cor L*a*b***. Portal SENAI-SP. Disponível em <<https://textil.sp.senai.br/5287/entendendo-o-espaco-de-cor-l-a-b>>. Acesso em 21 de Janeiro de 2022.
- FONSECA, Santos Bruno, Maria Palmira Daflon Gremião, Marlus Chorilli. **A simple reversed phase high-performance liquid chromatography (HPLC) method for determination of in situ gelling curcumin-loaded liquid crystals in in vitro performance tests**. Arabian J. Chem., 10, pp. 1029-1037. 2017.
- GARCIA ARIZA, Leidy Lorena et al. **Actividad biológica de tres Curcuminoides de Curcuma longa L. (Cúrcuma) cultivada en el Quindío-Colombia**. Rev Cubana Plant Med, Cidade de la Habana, v.22, n.1, Março de 2017. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100007&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.
- HECK, Nestor. **Extração por solvente**. UFRGS / DEMET.
- INDIRA, Kavirayani Priyadarsini. **The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent**. Molecules, 19, 20091-20112. 2014.
- KONICA MINOLTA. **Espaço de cor L*C*h***. Disponível em <<http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material-4---prof--jorge.pdf>>. Acesso em 21 de Janeiro de 2022.
- MANOLOVA, Yana et al. **The effect of the water on the curcumin tautomerism: A quantitative approach**. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. Volume 132, 2014.

MARMITT, Diorge et al. **Análise da produção científica do *Curcuma longa* L. (açafão) em três bases de dados após a criação da RENISUS.** Revista Pan-Amazônica de Saúde. 2015. DOI: 10.5123/S1679-49742016000100009.

OSORIO-TOBÓN, J. et al. **Fast analysis of curcuminoids from turmeric (*Curcuma longa* L.) by high-performance liquid chromatography using a fused-core column.** Food Chem. 2016.

PAVIA, Donald et al. **Introdução à Espectroscopia.** 4 edição. Cengage Learning. 2010.

PEREIRA, Elaine Cristina. **EFEITOS NEUROPROTETORES DA CURCUMINA DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE RATOS SUBMETIDOS À ISQUEMIA CEREBRAL GLOBAL.** Universidade Federal do Ceará, 2015.

REDDI, Prianca. **A Touch of Turmeric: Examining an Ayurvedic Treasure.** *Advances in Anthropology*. 2013. Vol.3, No.2, 91-95.

RÍOS V., Eunice et al. **Caracterización espectroscópica y cromatográfica de curcumina extraída de los rizomas de *Cúrcuma* (*cúrcuma longa* l.) cultivada en el departamento del Quindío.** Universidad del Quindío, 22 de Outubro de 2009.

VILELA, Carlos Alberto Almeida e Artur, Patrícia Oliveira. **Secagem do açafão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos.** Food Science and Technology. Epub 07 Jul 2008, v. 28, n. 2, pp. 387-394. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200018>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.

SABIR, S.M. et al. **Phytochemical analysis and biological activities of ethanolic extract of *Curcuma longa* rhizome.** Brazilian Journal of Biology . 2021, v. 81, n. 3. Epub 21 Sept 2020, pp. 737-740. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/1519-6984.230628>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.

SILVA, Sabrina. **Produção e caracterização de filmes ativos de TPS/PBAT adicionados de curcumina por extrusão reativa.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2017.

SKOOG, D. et al. **Princípios de Análise Instrumental.** 5ª Edição. Editora Bookman. 2006.

SOUZA, Cyleni R. A. and Glória, Maria Beatriz Abreu. **Chemical analysis of turmeric from Minas Gerais, Brazil and comparison of methods for flavour free oleoresin.** Brazilian Archives of Biology and Technology. 1998, v. 41, n. 2. Epub 27 July 2011, pp. 218-224. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-89131998000200008>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.

SUETH-Santiago, Vitor et al. **CURCUMINA, O PÓ DOURADO DO AÇAFÃO-DA-TERRA: INTROSPECÇÕES SOBRE QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS.** Química Nova [online]. 2015, v. 38, n. 4, pp. 538-552. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150035>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.

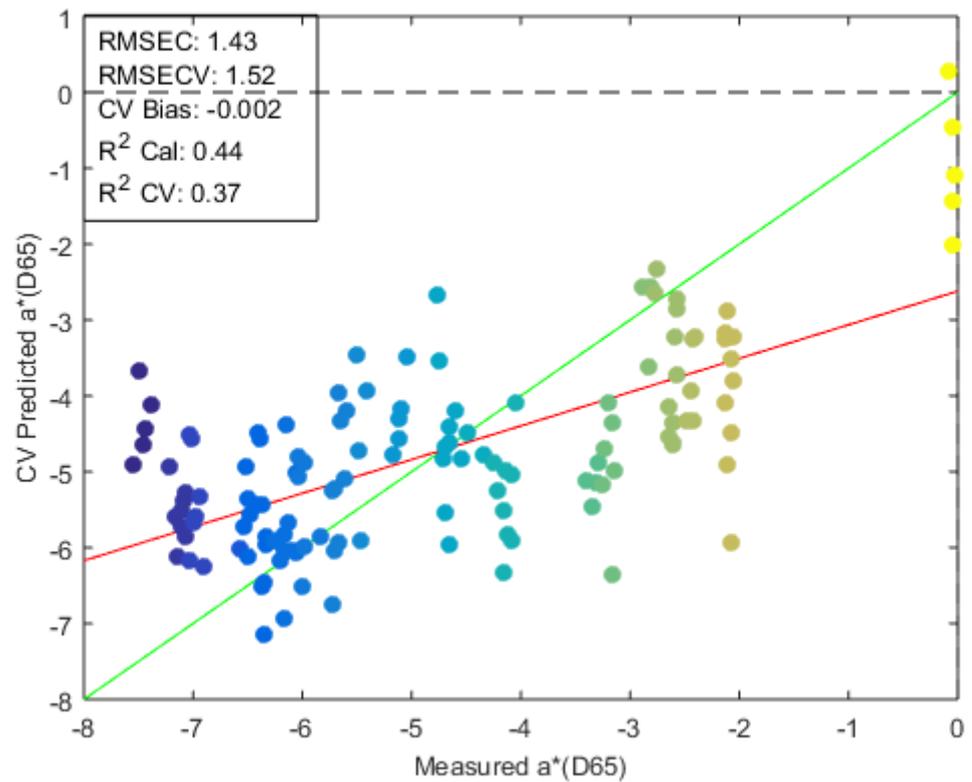
TAILA, Fernanda. **Características químicas e microbiológicas do Açafão-da-terra (*Curcuma longa*).** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana. 2017.

T. B. de et al. **CURCUMINA COMO INDICADOR NATURAL DE PH: UMA ABORDAGEM TEÓRICA-EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA.** Química Nova. 2021, v. 44, n. 2. Epub 07 Maio 2021, pp. 217-223. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170625>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2022.

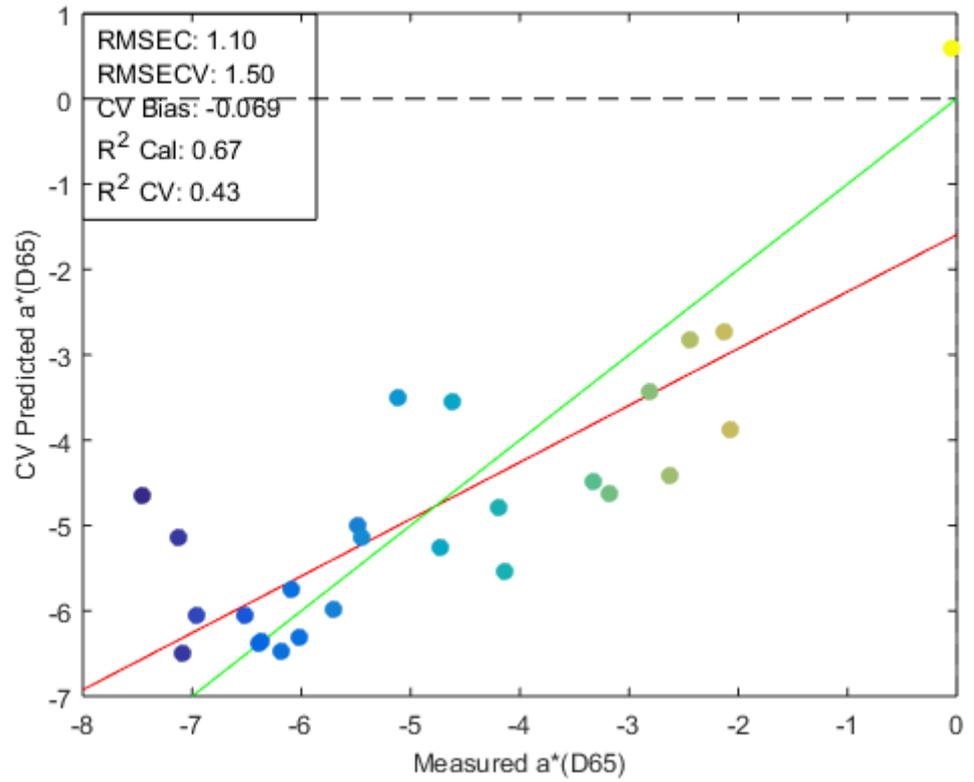
TOSATO, Flavia et al. **Análise de amostras de combustíveis por fotometria, NIR portátil e RMN de 1H – Uma comparação com os resultados encontrados por técnicas normatizadas.** Quim. Nova, Vol. 43, No. 2, 155-167, 2020.

ANEXO A – VALORES COMPLEMENTARES DE L*, a* E ABSORBÂNCIA UV

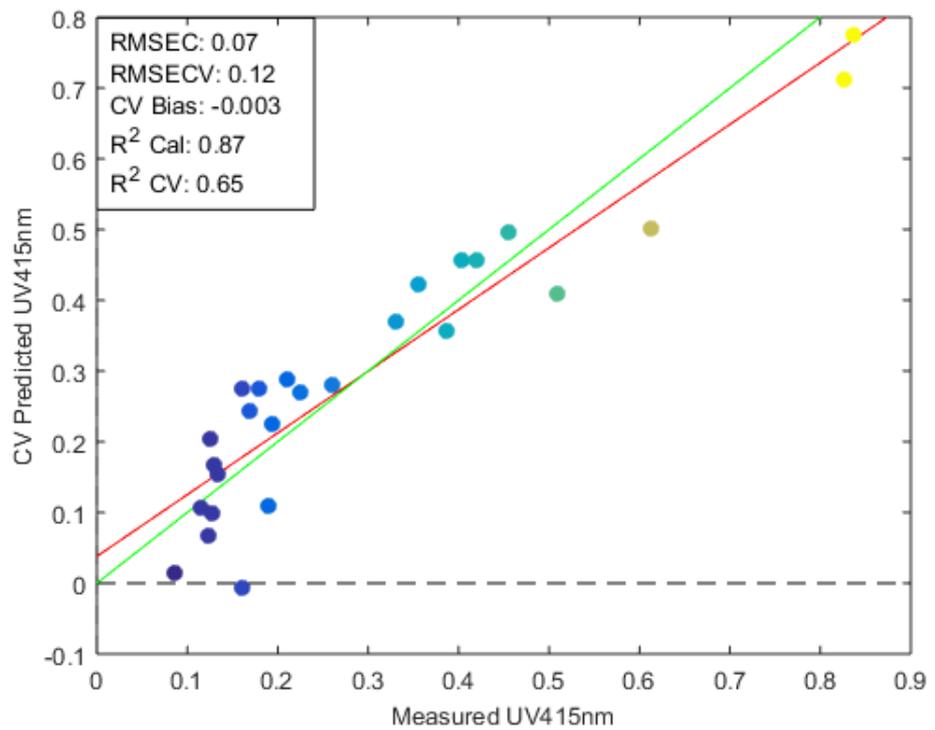
Além do tratamento de multivariáveis apresentados no trabalho, foi também verificado a linearidade entre as amostras em relação aos valores de L*, a* e absorvância UV para as amostras de farinha, que incluem normal e amarela, anteriormente essas últimas excluídas devido ao comportamento não-linear apresentados.



Fonte: PLS-Toolbox®, 2022.



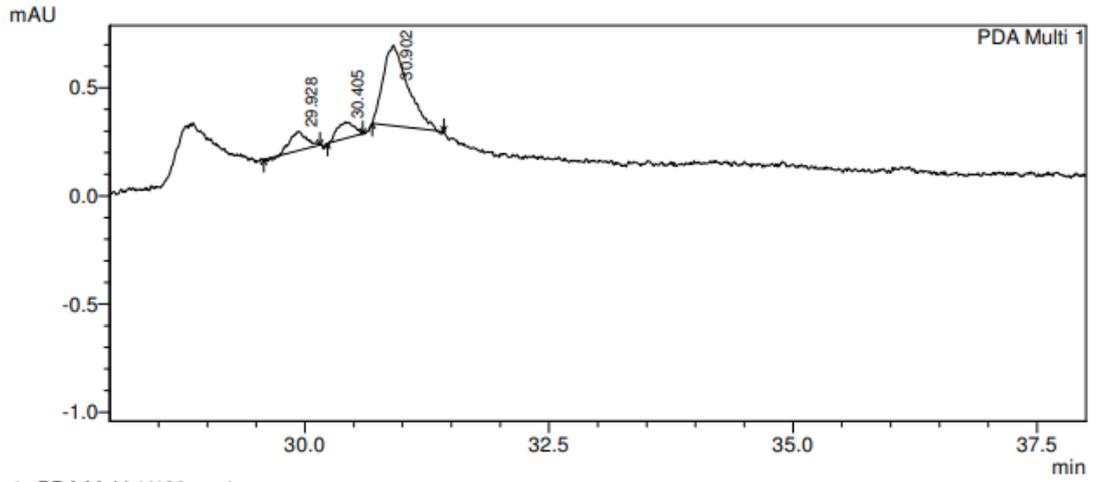
Fonte: PLS-Toolbox®, 2022.



Fonte: PLS-Toolbox®, 2022.

ANEXO B – CROMATOGRAMAS ADICIONAIS

A seguir estão mais cromatogramas, um de cada tipo de amostra, a fim de servir como comparativo para futuros estudos.



1 PDA Multi 1/420nm 4nm

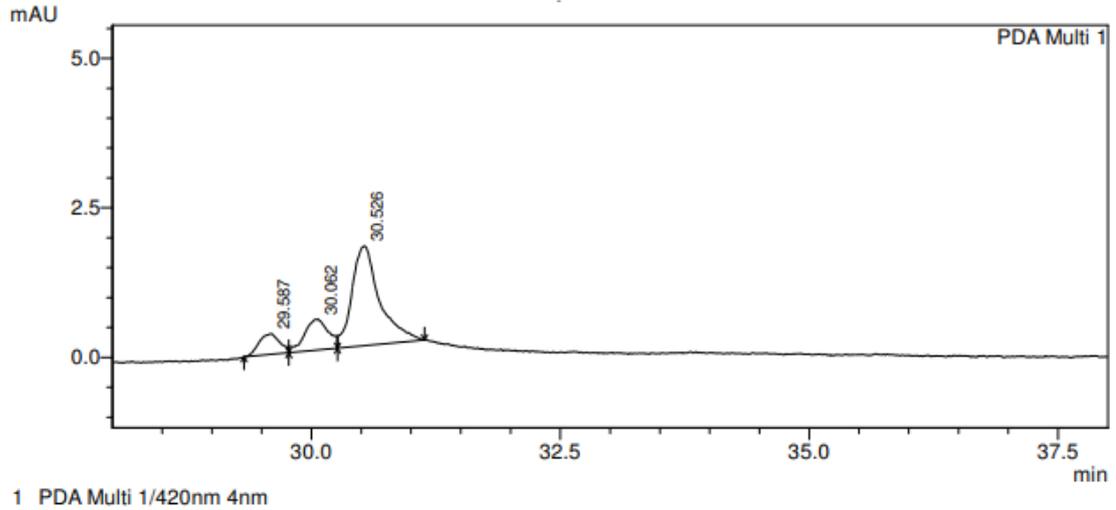
PeakTable

PDA Ch1 420nm 4nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	29.928	1041	89	12.251	16.482
2	30.405	909	77	10.704	14.348
3	30.902	6546	372	77.045	69.170
Total		8497	537	100.000	100.000

T1R1

Fonte: o autor, 2022.

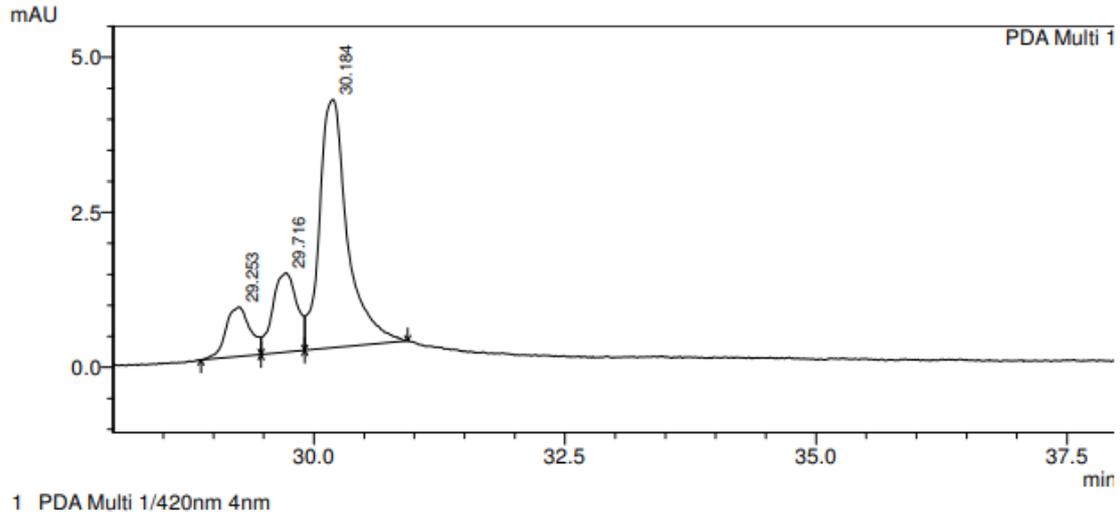


PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	3.322	13272	5238	14.039	42.132
2	3.434	3521	796	3.724	6.399
3	3.705	13921	1348	14.726	10.841
4	29.587	5011	344	5.300	2.769
5	30.062	8773	515	9.279	4.143
6	30.526	32360	1668	34.229	13.416
7	39.616	1844	106	1.951	0.851
8	43.719	15837	2418	16.752	19.449
Total		94539	12433	100.000	100.000

T2R1

Fonte: o autor, 2022.



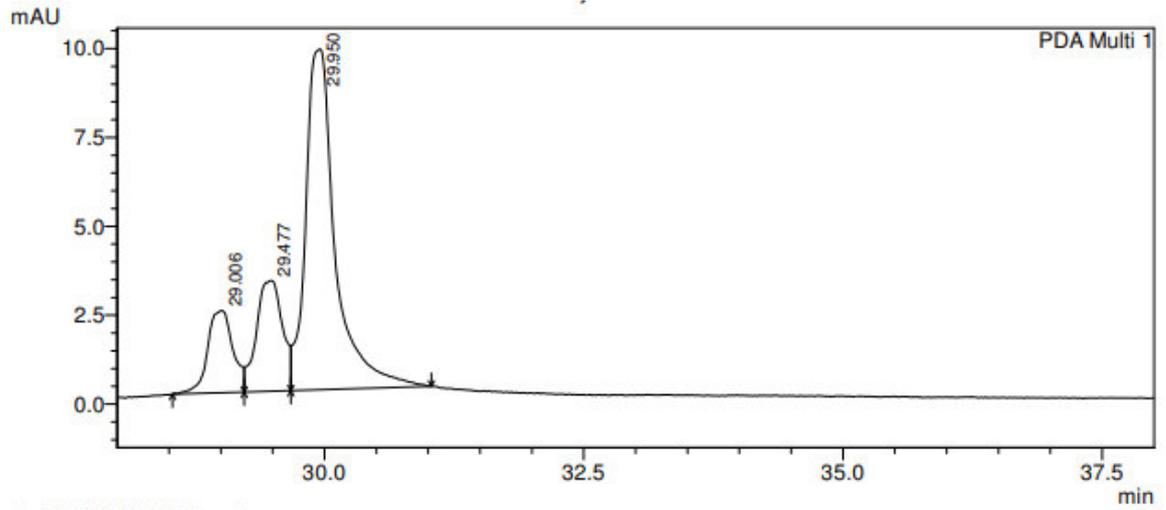
PeakTable

PDA Ch1 420nm 4nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	3.274	12966	5117	7.137	30.134
2	3.385	3462	788	1.905	4.640
3	3.657	12240	1225	6.737	7.216
4	29.253	13550	800	7.458	4.710
5	29.716	21845	1278	12.024	7.527
6	30.184	77834	4006	42.841	23.591
7	42.397	12685	458	6.982	2.698
8	42.795	3495	389	1.924	2.288
9	42.891	1576	296	0.868	1.743
10	43.165	12525	1933	6.894	11.381
11	43.665	9506	691	5.232	4.072
Total		181684	16981	100.000	100.000

T3R1

Fonte: o autor, 2022.



1 PDA Multi 1/420nm 4nm

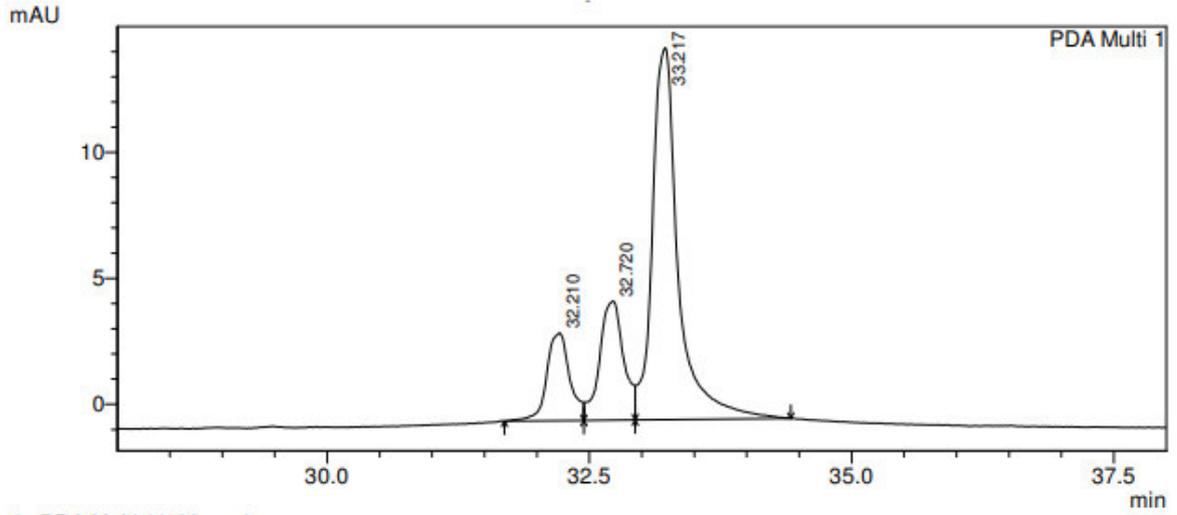
PeakTable

PDA Ch1 420nm 4nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	3.257	13228	5231	3.864	21.060
2	3.368	3444	822	1.006	3.310
3	3.638	12581	1217	3.675	4.900
4	29.006	39575	2309	11.561	9.295
5	29.477	54455	3114	15.908	12.538
6	29.950	190180	9578	55.556	38.562
7	40.416	7802	105	2.279	0.424
8	43.149	11669	1784	3.409	7.184
9	43.656	9383	677	2.741	2.726
Total		342317	24837	100.000	100.000

T4R1

Fonte: o autor, 2022.



1 PDA Multi 1/420nm 4nm

PeakTable

PDA Ch1 420nm 4nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	3.365	6655	2769	1.616	9.591
2	3.524	1398	253	0.339	0.876
3	3.732	7665	1807	1.861	6.257
4	32.210	53196	3476	12.916	12.041
5	32.720	75736	4722	18.389	16.353
6	33.217	253869	14752	61.640	51.094
7	40.331	1597	221	0.388	0.765
8	43.603	11738	873	2.850	3.023
Total		411855	28873	100.000	100.000

T5R2

Fonte: o autor, 2022.