

**SERGIO MARCIO ALBINO**

**DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA EM BEBIDAS, ALIMENTOS E  
MEDICAMENTOS UTILIZANDO UM *SMARTPHONE* E UM APLICATIVO COMO  
TEMA GERADOR NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Antonio Jacinto Demuner

Coorientador: Marcelo Henrique dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Albino, Sergio Marcio, 1972-  
A336d Determinação de cafeína em bebidas, alimentos e  
2020 medicamentos utilizando um *smartphone* e um aplicativo como  
tema gerador no ensino médio / Sergio Marcio Albino. – Viçosa,  
MG, 2020.

68 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Antonio Jacinto Demuner.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.53-59.

1. Cromatografia em camada delgada.
2. Espectrofotômetros. 3. Processamento de imagens.
4. Smartphones. 5. Cafeína. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em  
Química. II. Título.

CDD 22. ed. 543.8

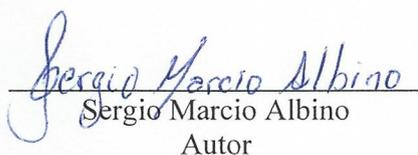
**SERGIO MARCIO ALBINO**

**DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA EM BEBIDAS, ALIMENTOS E  
MEDICAMENTOS UTILIZANDO UM *SMARTPHONE* E UM APLICATIVO COMO  
TEMA GERADOR NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de dezembro de 2020.

Assentimento:

  
Sergio Marcio Albino  
Autor

  
Antonio Jacinto Demuner  
Orientador

*Dedico este trabalho à mãe Helena e aos meus irmãos e sobrinhos, com os quais aprendo todos os dias a ser alguém melhor. Gostaria também de dedicar a todos que contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelo dom do conhecimento, pelo dom da sabedoria e pelo dom da fé, que me fez acreditar naquilo que quero e naquilo que quero alcançar.

À minha mãe, Helena Albino, pelo apoio, incentivo e amor incondicional.

Aos meus irmãos, Sueli, Célia, Celso, Jorge, Jaqueline e Rodrigo, por estarem sempre ao meu lado me apoiando em minhas escolhas.

Aos meus sobrinhos, Marina, Daniel, Felipe, Carolina e Helena, pelo apoio.

Às escolas que leciono, especialmente ao Escola Estadual Raul Soares e Escola José Alencar Gomes da Silva - Escola Sesi – Ubá, que oportunizaram a realização desta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida para a realização deste Mestrado.

Meu especial, a meu orientador, professor Antonio Jacinto Demuner, pelo acompanhamento, pela competência, pelo profissionalismo e incentivo na condução deste trabalho.

Ao meu coorientador, professor Marcelo Henrique dos Santos.

Ao professor Efraim Lázaro Reis e à professora Regina Simplício Carvalho, respectivamente, ex-coordenador e coordenadora atual do Curso Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional (PROFQUI), pela oportunidade de compartilhar sabedorias, tempo e suas experiências na realização das conquistas de muitos acadêmicos, manifesto aqui a minha gratidão eterna.

Agradeço ao Ciro, à Daiane e à Cristiane, por ter me auxiliado na execução laboratorial deste trabalho.

Aos meus amigos de mestrado, Gabriel, Cláudio, Gleison, Marriete e Marluce, pelo apoio, pelos trabalhos em grupo, pelas caronas, pela amizade e confiança, que contribuíram para a realização deste trabalho e a todos amigos do PROFQUI-2018.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine.*

*E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.*

Coríntios 13 versículos 1 e 2.

## RESUMO

ALBINO, Sergio Marcio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2020. **Determinação de cafeína em bebidas, alimentos e medicamentos utilizando um *smartphone* e um aplicativo como tema gerador no ensino médio.** Orientador: Antonio Jacinto Demuner. Coorientador: Marcelo Henrique dos Santos.

A cafeína está presente no cotidiano humano sendo encontrada em como princípio ativo em analgésicos, refrigerantes, alimentos e energéticos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi inserir o tema gerador de ensino na videoaula sobre determinação de cafeína em bebidas, alimentos e medicamentos associado à determinação e quantificação química utilizando o *smartphone*, software para computador e a técnica de cromatografia em camada delgada (CCD). Com o auxílio do *smartphone* foram capturadas as áreas das manchas das placas em CCD e transferidas para o computador onde foram tratadas através do programa ImageJ para determinação da massa e quantidade de cafeína nas referidas amostras. Para comparação dos resultados foram realizadas leituras em espectrofotômetro UV-visível. O método é rápido e de baixo custo, sendo uma estratégia de ensino e aprendizagem mais ativas e significativas à realidade do aluno. Foi possível estimular a curiosidade e o interesse do aluno pelos conteúdos de química. Os discentes conseguiram correlacionar a teoria e a prática e desta forma o ensino de Química tornou-se mais atraente para eles e os resultados observados nos processos avaliativos foram satisfatórios.

**Palavras-chave:** Cafeína. ImageJ. *Smartphone*. CCD. Espectrofotômetro.

## ABSTRACT

ALBINO, Sergio Marcio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2020. **Determination of caffeine in beverages, foods and medicines using a smartphone and an application as a generator theme in high school.** Advisor: Antonio Jacinto Demuner. Co-Advisor: Marcelo Henrique dos Santos.

Caffeine is present in human daily life and is found as an active ingredient in painkillers, soft drinks, food and energy drinks. In this way, the objective of the work was to insert the teaching-generating theme in the video lesson on the determination of caffeine in beverages, foods and medicines associated with chemical determination and quantification using the smartphone, computer software and the thin layer chromatography technique (TLC). With the help of the smartphone, the spots of the TLC plates were captured and transferred to the computer where they were treated using the ImageJ program to determine the caffeine mass in the samples. To compare the results, readings were performed on the UV-visible spectrophotometer. The method is fast and low cost, being a teaching-learning strategies more active and meaningful to the student's reality. It was possible to stimulate the student's curiosity and interest in the chemistry content, the students were able to correlate theory and practice, in this way the teaching of Chemistry became more attractive to them and the results observed in the evaluation processes were satisfactory.

**Keywords:** Caffeine. ImageJ. Smartphone. Chromatography. Spectrometer.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Estrutura geral da teobromina e teofilina. ....	28
<b>Figura 2</b> – Estrutura da Cafeína. ....	30
<b>Figura 3</b> – Concentração de cafeína em algumas bebidas. ....	30
<b>Figura 4</b> – Extração de cafeína em medicamentos. ....	35
<b>Figura 5</b> – Extração de cafeína de café, chá e erva-mate. ....	35
<b>Figura 6</b> – Tela File (a) e Open (b). ....	36
<b>Figura 7</b> – Placa de CCD de amostras de cafeína após eluição e revelação. ....	37
<b>Figura 8</b> – Determinação da escala. ....	37
<b>Figura 9</b> – Processo de tratamento da imagem I. ....	38
<b>Figura 10</b> – Processo de tratamento da imagem II. ....	38
<b>Figura 11</b> – Imagem da CCD tratada com o programa. ....	39
<b>Figura 12</b> – Determinação da área da mancha. ....	39
<b>Figura 13</b> – Soluções padrão de cafeína. ....	40
<b>Figura 14</b> – Aplicação das amostras na placa de CCD. ....	41
<b>Figura 15</b> – Eluição e revelação da placa de CCD. ....	41
<b>Figura 16</b> – Cromatograma revelado no ultravioleta. ....	41
<b>Figura 17</b> – Curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos. ....	44
<b>Figura 18</b> – Curva analítica para determinação de cafeína nos extratos de café, erva-mate e chás. ....	44
<b>Figura 19</b> – Amostras de medicamentos. ....	45
<b>Figura 20</b> – Extratos de café, erva-mate e chás, e cuba cromatográfica. ....	45
<b>Figura 21</b> – Curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos. ....	47
<b>Figura 22</b> – Curva analítica para determinação de cafeína em café-solúvel e nos extratos (grãos de café, chás e erva-mate). ....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Propriedades físicas das principais xantinas.....	29
<b>Tabela 2</b> – Volumes de solução estoque e de diclorometano e concentração das soluções de cafeína utilizados na construção da curva analítica. ....	40
<b>Tabela 3</b> – Concentração e quantidade de cafeína contida nos medicamentos determinados por CCD. ....	46
<b>Tabela 4</b> – Concentração e quantidade de cafeína contida no café-solúvel e nos extratos (café, chá, erva-mate) determinados por CCD. ....	46
<b>Tabela 5</b> – Valores de absorvância e de concentração das soluções padrão de cafeína utilizados para obtenção da curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos. ....	47
<b>Tabela 6</b> – Valores de absorvância e de concentração das soluções padrão de cafeína utilizados para obtenção da curva analítica para determinação de cafeína em café-solúvel e nos extratos (grãos de café, chás e erva-mate). ....	48
<b>Tabela 7</b> – Concentração e quantidade de cafeína contida em medicamentos determinadas por UV-Vis .....	49
<b>Tabela 8</b> – Concentração e quantidade de cafeína contida em café-solúvel e nos extratos (café, chá e erva-mate) determinadas por UV-Vis.....	49
<b>Tabela 9</b> – Quantidade de cafeína em medicamentos determinada por CCD x UV-Vis.....	50
<b>Tabela 10</b> – Quantidade de cafeína nos extratos determinada por CCD x UV-Vis .....	50

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 JUSTIFICATIVA .....	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo geral .....	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
4.1 Epistemologia Genética de Piaget.....	17
4.2 A teoria de aprendizagem de Vygotsky.....	18
4.3 A aprendizagem significativa de Ausubel .....	20
4.4 Um breve histórico sobre a legislação e o ensino e de Ciências e Química.....	21
4.5 Alcaloides.....	25
4.5.1 Introdução.....	25
4.5.2 Propriedades dos alcaloides.....	26
4.6 Metilxantinas .....	27
4.7 Cafeína.....	29
4.8 Métodos para determinação de cafeína .....	31
4.9 ImageJ.....	33
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
5.1 Obtenção das amostras para análise .....	34
5.2 Guia de uso do programa ImageJ .....	36
5.3 Construção da curva analítica utilizando CCD-Smartphone-ImageJ .....	40
5.4 Construção da curva analítica utilizando espectrofotometria no UV-Vis .....	42
5.5 Aplicação do trabalho como tema gerador nas aulas de Química do Ensino Médio .....	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
6.1 Determinação de cafeína em medicamentos, café, erva-mate e chás.....	43
6.1.1 Cromatografia em camada delgada (CCD), Smartphone e ImageJ.....	43
6.1.2 Análise por Espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis).....	47
6.2 Comparação entre os métodos CCD x UV-Visível.....	49
6.3 Aplicação do projeto como tema gerador no Ensino Médio .....	52
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
APÊNDICES: .....	60
APÊNDICE A – GUIA DE USO DO PROGRAMA ImageJ .....	60
APÊNDICE B – ROTEIRO DA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA NOS MEDICAMENTOS, NAS BEBIDAS E NOS CHÁS .....	64
APÊNDICE C – LINKS COM AS VIDEOAULAS .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

O Discente de hoje é bem diferente dos alunos de duas ou três décadas. Com isto a escola do século XXI passa por uma dicotomia, visto que suas práticas pedagógicas e o processo de ensino e aprendizagem estão fundamentados em conceitos dos meados do século XX, com um discente com um perfil tecnológico com formação digital do século XXI. Com isto a escola se torna pouco atrativa para este aluno. O paradigma de uma escola dominante não encontra mais soluções frente a um aluno moderno. Ressalva feita a alguns núcleos de excelência existente em determinadas regiões.

A maioria dos discentes contemporâneos dispõe de acesso à internet, notebook, tablets e smartphones e outras mídias de comunicação. Com isto o ato e a forma de aprender não é somente centralizada na figura do professor, mas através de videoaulas, blogs e sites da internet. Assim, o discente tem a possibilidade de aprender através de outros meios e recursos. Contudo, vale ressaltar que na maioria das escolas tradicionais estas formas de ensino ainda não são tanto empregadas, sendo o professor o único detentor do conhecimento.

Por outro lado, uma parcela dos docentes possui dificuldades de lidar com estas novas tecnologias dentro das salas de aula, o que torna uma das possíveis causas do não uso destas em salas de aulas, segundo Demo (2011, p. 173).

[...] a internet está desafiando os professores, em parte porque não estão afeitos a ela como é o caso das novas gerações, que vem nela uma imensa apostila globalizada, em parte porque escancara a distância entre o atraso oferecido na escola/ universidade e as habilidades necessárias para se dar conta do século XXI.

O avanço tecnológico, bem com o desenvolvimento dos meios de comunicação causou um abismo entre o que é ensinado dentro das salas de ensino médio e a realidade do aluno. Neste cenário, o ensino de química que é um dos mais belos componentes curriculares do ensino médio, estando arraigado ao desenvolvimento tecnológico e científico da humanidade, o qual engloba desde o trabalho com o fogo até os dias atuais; além do conhecimento, do domínio da natureza e dos materiais. Apesar do fascinante histórico ligado a evolução das sociedades e modo de viver do homem, esse componente curricular sofre com a dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos o que acarreta em falta de interesse, descaso e desmotivação pela aprendizagem da química.

A Química é uma ciência que sempre esteve no nosso dia a dia, pois com os conhecimentos adquiridos com o passar do tempo o homem foi capaz de transformar a matéria

e o meio ambiente para melhorar sua condição de vida. Apesar da Química ser tão importante para humanidade pesquisas indicam que grande parte dos estudantes ainda possuem dificuldade em compreendê-la apresentando um rendimento insatisfatório em sua aprendizagem (WARTHA; MOTA; GUZZI FILHO, 2012). A forma que os conteúdos são apresentados na educação básica, muitas vezes descontextualizada e fragmentada, não favorece uma formação sócio científica (MAIA; SILVA; WARTHA, 2008).

É muito comum ver um discente resolver questões complexas sobre o cálculo de concentrações, constantes de equilíbrio, cinética química, tempo de meia vida, mas o mesmo não sabe relacionar por qual motivo é interessante para um país enriquecer urânio, ou porquê devemos tomar um medicamento de oito em oito horas e como ao soprarmos um bafômetro o mesmo pode acusar a quantidade de álcool que a pessoa ingeriu, entre outras aplicações da química. Isto pode ser atribuído a uma série de fatores que tentam explicar esse desempenho da aprendizagem da química no ensino médio, dentre eles a metodologia de ensino.

De acordo com Locatelli e Arroio (2017), o ensino de Química deveria contemplar três dimensões que são: o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico. O macroscópico é responsável pelo que é visível, já o submicroscópico é responsável pela análise do rearranjo dos átomos e moléculas e o simbólico é o que irá representar as substâncias utilizando uma linguagem científica. É de extrema importância uma integração entre estas três dimensões para que o processo de ensino e aprendizagem alcance um êxito, sendo este o grande desafio para o professor. A formação do profissional de educação nos meios acadêmicos ainda é pautada no que Paulo Freire chama de “Educação Bancária” que consiste numa formação onde o professor assume uma perspectiva disciplinar, pautada, sobremaneira, na transmissão-recepção do conhecimento (LINS, 2011).

A Química é uma ciência exata que nasceu da observação de fenômenos e tentativas experimentais de se compreender a matéria e seu domínio foi alcançado através da experimentação que deu origem a suas teorias (POPPOLINO, 2013). Como já citado, hoje se pode usar recursos tecnológicos incríveis; como consequência disto, ocorreu um grande avanço nas teorias e nos conceitos, mas nas escolas, grande parte do conhecimento químico ainda está voltado para os estudos dos séculos XVIII e XIX, com aulas ditas teóricas, onde o professor somente transmite o conhecimento já consolidado. Segundo Piaget (1973), o ato de ensinar não é mais somente transmitir conceitos e conteúdos, ou seja, o aluno não é uma tábula rasa, o conhecimento deve ser construído a partir da realidade do aluno (PIAGET, 1973).

Observamos, em raras situações, tentativas de aplicar o aprendizado em uma experimentação expositiva-demonstrativa que não enriquece o processo de construção do

conhecimento. O modelo vigente de ensino suprime a argumentação, fazendo com que o aluno aceite as informações que lhe são dadas sem que haja uma discussão de possibilidades e dessa forma não se permite que sua autonomia seja exercitada para seu amadurecimento cognitivo. De acordo com a colocação de Gottardi (2015) (apud BERNARTH; VIDAL, 2007, p. 4): [...] usando o constructo, são concebidos cursos para diferentes graus de autonomia, variando o diálogo e a estrutura e, do ponto de vista da investigação, explorar e testar muitas interações dentro e entre essas variáveis.

Segundo Morin (2013):

A atitude de contextualizar e globalizar é uma qualidade fundamental do espírito humano que o ensino parcelado atrofia e que, ao contrário disso, deve ser sempre desenvolvida. O conhecimento torna-se pertinente quando é capaz de situar toda a informação em seu contexto e, se possível, no conjunto global no qual se insere. Pode-se dizer ainda que o conhecimento progride, principalmente, não por sofisticação, formalização e abstração, mas pela capacidade de conceitualizar e globalizar. O conhecimento deve mobilizar não apenas uma cultura diversificada, mas também a atitude geral do espírito humano para propor e resolver problemas (MORIN, 2013, p. 21).

O ensino de química na educação brasileira vem enfrentando dificuldades de se consolidar como uma disciplina que desperte o interesse dos alunos. De acordo com Bianchini (2009), o ensino deveria favorecer o uso dos conceitos desenvolvidos para avaliação do processo de aprendizagem ou da alfabetização científica do indivíduo. Por isso, deve-se ensinar a ciência dentro de um contexto o que favorece a uma análise crítica das teorias baseando-se nas suas próprias ideias.

Para Costa (2008) o ensino investigativo deve ser aplicado, uma vez que tem mostrado que o ensino argumentativo não surge no aluno sem que haja a prática, apontando a necessidade de desenvolver essa habilidade em sala de aula.

Para Munford e Lima (2007), a experimentação pode ter dois vieses: o experimento realizado pelo cientista e o experimento realizado na escola. Eles colocam diante de tais diferenças, se seria possível promover uma maior aproximação entre a ciência escolar e a dos cientistas? Até que ponto essa aproximação é possível sem caricaturar e banalizar a complexidade do trabalho dos cientistas em nossas salas de aula, ou sem que se promova uma visão estereotipada da ciência?

De um certo ponto de vista, o ensino por investigação deve sim aproximar o estudante da metodologia usada para se construir o conhecimento, precavendo-se da banalização da pesquisa científica.

De acordo com Carvalho (2014), em seu livro *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*, o foco principal do ensino por investigação não é transformar o aluno em um cientista, uma vez que se reconhece a imaturidade biológica, falta de conhecimento específico e ausência de habilidades no uso de ferramentas científicas para tal fim. A proposta é bem mais simples, onde se deseja transformar a sala de aula em um ambiente investigativo, na qual o professor possa mediar processo de aprendizagem do aluno, para que o mesmo possa ir ampliando aula após aula sua linguagem científica, se alfabetizando nesta área do conhecimento.

Chassot considera que ensinar o estudante a repetir princípios e conceitos científicos e a aplicar corretamente fórmulas na resolução de exercícios corresponde a ministrar uma “ciência da escola” (CHASSOT, 2007), que acaba por não lograr satisfatoriamente o objetivo de formar cidadãos capazes de fazer uma leitura científica crítica do mundo. Isso porque ter domínio instrumental sobre determinados conteúdos não implica ser capaz de compreender a ciência como “linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural” (p. 30).

O ensino de Química na Educação Básica deve ser tratado de forma contextualizada, interdisciplinar e experimental. Para isto, devemos lançar a mão de todos os recursos didáticos disponíveis.

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) derivada nucleotídeo purina, conhecidos como alcaloides purínicos (PATAY et al., 2016). Composto bioativo encontrado nos vegetais, como, semente de café, chá-verde (*Camilla sinensis*) e erva-mate (*Ilex paraguayensis*) (MEINHART et al., 2010; MAZUR, 2012; PATAY et al., 2016). Também pode ser encontrada a cafeína em medicamentos e bebidas energéticas (BORTOLINI, 2010; KREUTZER; BASSLER, 2014). Substância muito consumida popularmente devido sua ação estimulante do sistema nervoso central, influenciando no sono e o estado de alerta do ser humano (OLIVEIRA, AKISUE, 2005; HO; CHUNG, 2013). Estudos relatam a quantificação de cafeína em diferentes amostras (MARIA; MOREIRA, 2007). Os métodos de identificação e quantificação tem sido por espectrofotometria (MARIA; MOREIRA, 2007; WELTER, 2011). Outro método utilizado na química orgânica tem sido a cromatografia em camada delgada (CCD), método qualitativo, simples, rápido, eficiente, de baixo custo e empregado no monitoramento e análise de compostos orgânicos durante o isolamento de compostos bioativos e avaliação do grau de pureza de compostos orgânicos (JULIÃO et al., 2003; SHERMA; FRIED, 2003). Devido as essas características da CCD, o objetivo do trabalho foi determinar cafeína em diferentes amostras utilizando a CCD, imagem digital e o programa de computador ImageJ como

ferramenta de análise. Com esse método alternativo de análise, foi possível obter resultados de concentração de cafeína nas diferentes amostras, comparar com resultados do espectrofotômetro e apresentar essa novidade durante o vídeoaula de química para alunos do ensino médio proporcionando uma aprendizagem significativa.

## **2 JUSTIFICATIVA**

Assim como acontece em outras áreas do conhecimento, o ensino de Química no ensino médio permanece, ainda hoje, sendo repassado através de uma abordagem memorística, linear e reducionista, ou seja, fragmentado e/ou descontextualizado, com algumas ressalvas em determinadas escolas. Esta segmentação ajuda o aluno a ter dificuldade de compreender e interrogar o seu cotidiano.

Ao assumir a postura de mero repassador de conhecimentos, o professor acaba por também delimitar severamente o papel do aluno, tolhendo suas possíveis e espontâneas contribuições, impedindo-o de elaborar um raciocínio mais crítico e autônomo.

Embora não se perceba, a Química, enquanto ciência, está presente no nosso dia a dia e é parte importante dele, pois a aplicação dos conhecimentos dela advindos têm reflexos diretos sobre a qualidade de vida da população e sobre o equilíbrio dos ambientes da terra.

Enfim, este trabalho deve possibilitar aos alunos uma melhor compreensão das quantidades de cafeína presentes em bebidas, alimentos, medicamentos e suplementos vitamínicos, bem como, contribuir com ensino e aprendizagem, despertando o interesse do aluno pelos conteúdos de química e assim conseguir relacionar assuntos como concentrações, interações intermoleculares, química orgânica, entre outros em seu cotidiano através de uma ferramenta disponível gratuitamente para população usando Smartphone e programa de computador ImageJ, método simples, de fácil acesso.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Determinar a concentração de cafeína em bebidas energéticas, refrigerantes, café, chá, erva-mate e medicamentos utilizando cromatografia em camada delgada, smartphone e o software ImageJ e utilizar a metodologia desenvolvida para auxiliar na aprendizagem de conteúdos de Química.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Proporcionar melhoria do processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Química ministrado como força intermolecular (Dipolo-dipolo induzido, Dipolo-dipolo e Ligação de Hidrogênio), concentração de soluções, química orgânica (reconhecimento de funções orgânicas e grupos funcionais) e envolver assuntos de outras disciplinas promovendo assim a interdisciplinaridade;
- Utilizar o Smartphone para capturar imagens de placas de CCD, tratá-las com o programa para computador ImageJ e determinar a concentração de cafeína, em diferentes matrizes, nas aulas de química durante o ensino médio;
- Comparar os resultados obtidos utilizando o método alternativo (CCD, Smartphone e o programa de computador ImageJ) aos obtidos pela tradicional técnica de espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis);
- Relacionar a teoria à prática, permitindo a contextualização de conceitos químicos como a determinação da concentração de cafeína em amostras de bebidas energéticas, medicamentos, refrigerantes, chás, cafés e erva-mate.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Epistemologia Genética de Piaget

Jean William Fritz Piaget, nascido na Suíça, foi um biólogo, psicólogo e epistemólogo, é considerado um dos mais importantes pensadores do século XX. Defendeu uma abordagem interdisciplinar para a investigação epistemológica sendo o criador da Epistemologia Genética, teoria do conhecimento com base no estudo da gênese psicológica do pensamento humano.<sup>1</sup>

Para Piaget o conhecimento se realiza através de construções contínuas e renovadas por uma interação real, não são pré-formadas, existe uma criatividade contínua, segundo ele a razão pela qual o conhecimento não se encontra pré-formado, nem no sujeito, nem nos objetos e sim o que existe é uma alta organização e conseqüentemente uma construção e uma reconstrução constante (PIAGET, 1976).

Segundo Piaget, o empirismo é uma doutrina na qual todo conhecimento provém unicamente da experiência, limitando-se ao que pode ser captado do mundo externo, pelos sentidos ou do mundo subjetivo, pela introspecção, descartadas as verdades reveladas e transcendentais do misticismo, ou apriorísticas e inatas do racionalismo. O empirista pensa que o conhecimento é uma cópia funcional, o conhecimento não é nunca uma cópia, o conhecimento é sempre uma assimilação, isto é, é uma interpretação por integração do objeto a estruturas anteriores do sujeito.<sup>2</sup>

As estruturas operatórias, ele as entende como um sistema de transformações exercidas pelo sujeito, e portanto, o prolongamento das transformações do sujeito, estas transformações podem se relacionar entre si levando em um sistema fechado, como, por exemplo: uma classificação, uma seriação ou uma matriz. Desta forma, estas operações foram definidas como transformações do sujeito.

Através de uma minuciosa observação dos seus filhos e principalmente de outras crianças, Piaget impulsionou a Teoria Cognitiva, onde propõe a existência de quatro estágios de desenvolvimento cognitivo no ser humano, que são a inteligência sensório-motora (do nascimento aos 2 anos), pré-operatória (2 a 7 anos), operatório concreto (7 a 11 anos) e operatório formal ou abstrato (a partir dos 12 anos) (PIAGET, 1978).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eKjI6Dx6PhU>>. Acesso em: 02 out. 2020.

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eKjI6Dx6PhU>>. Acesso em: 02 out. 2020.

## 4.2 A teoria de aprendizagem de Vygotsky

Lev Semyonovick Vygotsky nascido em Orsha (Rússia), foi um psicólogo bielo-russo que realizou diversas pesquisas na área do desenvolvimento da aprendizagem e do papel preponderante das relações sociais nesse processo, o que originou uma corrente de pensamento denominada Sócioconstrutivismo.

O aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer" (VYGOTSKY, 1991b, p. 101).

Segundo Marta Kohl<sup>3</sup>, Piaget tem sido uma das principais referências para o estudo do comportamento da criança e que Lev Vygotsky surge com uma opção para contrapor as ideias de Piaget, visto que Vygotsky valoriza a escola, o professor, a intervenção pedagógica e o papel do professor na formação do sujeito. Para Marta Kohl, as ideias de Vygotsky atraem mais os educadores, pois dialoga mais com sua realidade enquanto profissionais de educação e com a vivência na escola.

A postulação interacionista de Vygotsky ganha vida no que ele chamou de planos genéticos do desenvolvimento humano (filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese). A teoria Sociointeracionista de Vygotsky, tem como base que a aprendizagem é uma atividade que acontece através das relações colaborativas, ou seja, a aprendizagem é construída socialmente. Nesta teoria o professor é uma figura essencial do saber, ele seria o elo entre o aluno e o conhecimento já existente, sendo feito através da mediação simbólica.<sup>4</sup>

A mediação simbólica que consiste em um elemento intermediário dentro de uma relação, fazendo com que a mesma deixe de ser direta e passe a ser mediada (através de estímulos auxiliares), introduzindo assim um novo elo nas relações organismo e o meio. Para Vygotsky a relação do homem com o mundo não é de uma forma direta e sim mediada, estes processos mediados são construídos ao longo do desenvolvimento humano, nas crianças pequenas predominam relações diretas com o objeto do saber, já que as mesmas ainda não possuem estruturas para compreendê-las. Esta mediação pode ser feita através “instrumentos” e “signos”.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T1sDZNSTuyE>>. Acesso em: 02 out 2020.

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T1sDZNSTuyE>>. Acesso em: 02 out 2020.

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T1sDZNSTuyE>>. Acesso em: 02 out 2020

A Epistemologia Piagetiana se caracteriza por estágios de desenvolvimento da criança, Vygotsky não prevê estágios ou períodos de desenvolvimento pelos quais as crianças devem passar. A fala socializada, seria um primeiro uso da língua para Vygotsky e o discurso interior seria o ápice do desenvolvimento da linguagem. Desta forma, as coisas começam de forma externa e terminam de forma interiorizada. Entre a fala socializada e o discurso interior há o que Vygotsky chama de fala egocêntrica. Uma dicotomia entre Piaget e Vygotsky se observa quando os pesquisadores concebem a ideia que a criança passa por um estágio conhecido como fala egocêntrica, para Piaget este processo ocorre de dentro para fora, já Vygotsky a contradiz ao dizer que ela ocorre de forma inversa, e neste momento a aprendizagem é um fator determinante para o desenvolvimento.<sup>6</sup>

Um aspecto interessante da teoria do desenvolvimento de Vygotsky é que o desenvolvimento deve ser olhado para frente, para aquilo que ainda não aconteceu. Isto é interessante por que é no que ainda não aconteceu que iremos fazer as intervenções pedagógicas e também é onde o desenvolvimento está efervescente em termo de um fenômeno. O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é descrito como a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento que a criança tem até o momento. Ela é determinada pela capacidade de resolver tarefas de forma independente, e o desenvolvimento do passado, e o nível de desenvolvimento potencial, é caracterizado pelo que a criança ainda não tem, ou seja, é determinado por desempenhos possíveis, com ajuda de adultos ou de colegas mais avançados ou mais experientes. É na ZDP onde se permite a intervenção promovida pelos professores, é onde eles podem realizar transformações (VYGOTSKY, 1988).

A interferência exercida por um profissional, seja ele educador ou um psicopedagogo é conhecida como intervenção. Esta interferência deverá ser feita sobre o processo de desenvolvimento ou aprendizagem do sujeito que, no momento apresenta problemas de aprendizagem. Assim, o objetivo será compreender explicar e/ou corrigir os procedimentos adotados durante o desenvolvimento para que haja a quebra de padrões anteriores de relacionamento com o mundo. A introdução de novos elementos será necessária para que o indivíduo analise e produza uma forma diferenciada de desenvolvimento (VYGOTSKY, 1987).

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T1sDZNSTuyE>>. Acesso em: 02 out. 2020

### 4.3 A aprendizagem significativa de Ausubel

David Paul Ausubel, nascido no Brooklyn, Nova York, em 1918, formou-se em psicologia pela Universidade da Pensilvânia e medicina pela Universidade de Middlesex. Trabalhou em áreas como a psicologia étnica e o campo da aprendizagem. Estudou na Universidade da Pensilvânia, cursando medicina e psiquiatria.<sup>7</sup>

Para Ausubel a teoria de aprendizagem escolar, tem como base dois eixos ou dimensões, que são originados, a partir dos diversos valores que possam tomar em cada um cada caso. A aprendizagem mecânica (memorística) e a aprendizagem significativa.

Na aprendizagem mecânica, o aluno absorve o conteúdo aprendido de forma literal e arbitrária, mas, contudo, é incapaz de relacionar este conteúdo/aprendido com conhecimentos prévios e específicos referente ao conteúdo abordado. Já a aprendizagem significativa necessita fazer algum sentido para o aluno, ou seja, o aprendiz deverá ter predisposição em aprender e, nesse processo, a informação deverá interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes na estrutura do aluno (AUSUBEL, 1980).

Para que a aprendizagem significativa ocorra, são necessárias duas condições essenciais que são: a disposição do aluno para aprender e um material didático desenvolvido que seja significativo para o aluno.

Para Ausubel ampliar e reconfigurar as formas de descobrir é um caminho para ampliar os saberes, e isto é possível porque a criança traz consigo uma bagagem, desta forma ela tem a capacidade em desenvolver novas aprendizagens, as quais no final ela mesma alcance o que é chamado de conhecimento socialmente estruturado. O conhecimento socialmente estruturado significa que o conhecimento que ele aprende dentro do contexto de sala de aula ele conseguirá estruturar de modo a aplicar em seu cotidiano, sendo assim um conhecimento relevante. Para que haja uma aprendizagem significativa, prevê a necessidade de o aprendiz se colocar como sujeito ativo e não passivo em seu processo de aprendizagem (AUSUBEL, 1980).

---

<sup>7</sup> Disponível em: <

#### 4.4 Um breve histórico sobre a legislação e o ensino de Ciências e Química

Para Magalhães-Junior, Pietrocola, Ortêncio-Filho (2011) o ensino de ciências tem como objetivo explicar os diversos fenômenos, levando o discente a interpretar, compreender e buscar melhorias para o avanço da sociedade, tornando assim melhor sua vida em sociedade.

O cenário político, tecnológico, econômico e sociocultural são fatores importantes nas questões educacionais. A Primeira e a Segunda Guerra Mundial foram um marco importante para alavancar os Currículos de Ciências. A década de 1950 pode ser definida como o ponto inicial para análise dos Currículos de Ciências.

Krasilchik (2000) admite que a disputa pela hegemonia mundial, a corrida espacial e bélica promovida pelas duas superpotências mundiais (EUA X URSS) proporcionaram um investimento considerável em projetos relacionados a Ciências, que tinha como objetivo, a descoberta de jovens com tendências e aptidões para a área de Ciências.

Lima (2013) com a reforma educacional, promovida por Francisco Campos, na década de 1930, o ensino de Química no Brasil começa a fazer parte da educação básica. Desta forma, a Química passa a ter a incumbência de retratar e aproximar do cotidiano e da realidade dos discente, tendo um caráter contextualizado, buscando levar os conhecimentos científicos relacionada a disciplina, para os estudantes. Durante a redemocratização ocorrida no Brasil em 1961, logo após o fim do Estado Novo, a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 4.024/1961). Sendo esta a primeira lei a tratar de todos os níveis e ramos do ensino, ela também, traz uma moderada, porém importante, flexibilidade para definição dos currículos pelos Estados da federação (QUEIROZ e HOUSOME, 2018, p. 5).

As reformas políticas ocorridas no Brasil em 1964 acarretaram numa mudança da forma de ensinar Química, deixando de ter um caráter contextualizado, aproveitando a realidade dos alunos de forma cidadã, para focar em um conhecimento técnico-científico voltado para o ensino profissionalizante. A Lei de Diretrizes e Base da Educação, Lei nº 5.962 (BRASIL, 1971) é que normatiza este tipo de ensino (KRASILCHIK, 2000; LIMA, 2013).

Com esta mudança durante as décadas de 1970 e 1980 vale dizer que o Ensino Médio brasileiro vivia uma dicotomia entre uma formação voltada para humana-científica, que buscava preparar o discente para o ingresso no Ensino Superior, e a formação técnica com ênfase na capacitação profissional do indivíduo. Sendo que as escolas privadas continuaram a preparar os seus discente de forma conteudista e descontextualizada, com foco dos alunos no Ensino Superior (KRASILCHIK, 2000).

De acordo com Santos e Mortimer (2001), a Ciência não pode ser considerada neutra, exclusiva dos meios acadêmicos, uma vez, que ela está presente na forma que a população e a sociedade tomam suas decisões.

Em 1996, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) foi reformulada com Lei nº 9.394, sendo que considerada uma versão mais ampla que suas anteriores, ampliando direitos à educação de todos os brasileiros.

Art. 2º A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1996).

A LDBEN propunha a implementação, via Ministério da Educação a reformulação do ensino profissionalizante; as diretrizes curriculares nacionais para o Ensino Médio e os parâmetros curriculares nacionais (PCNs).

No que se refere ao ensino de Química, o PCNEM 1999 (BRASIL, 1999a, p. 4) propõe:

[...] para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade.

Outros tópicos importantes que contribuíram para o desenvolvimento da Educação Básica, facilitando o ingresso ao Ensino Superior foram: Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF), Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o Programa Universidade Para Todos (PROUNI) (CERQUEIRA et al., 2009).

Tanto em seu artigo 26 e no artigo 210, a LDBEN assegura que os currículos de educação do infantil ao médio deverão ter uma base nacional comum e por uma parte diversificada, que levará em consideração as características regionais do educando. Bem como a fixação dos conteúdos mínimos para o ensino que assegure uma formação básica comum. (BRASIL, 1988)

O ensino de Ciências, e principalmente de Química, até o início da década de 90 era compartimentando, descontextualizado e tecnicista, como já dito, tem nos PCNEM (1999) um norteador, fazendo uma reformulação no ensino, desta forma, livros didáticos, currículos

escolares e abordagens metodológicas tiveram que sofrer uma reformulação. A LDBEN alvitrava que ao final de um ciclo da Educação Básica deveria ter, em seu processo de formação, a habilidade e a competência como o tecnicismo (aprender a fazer); a metacognição (aprender a conhecer); a coletividade (aprender a conviver); e o humanismo (aprender a ser).

Os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), foram lançados em 2002, que tinha como diretrizes o trabalho dos professores e diretores. Também contemplava novas orientações direcionadas a abordagens de conteúdos mais específicas no ensino.

- Aprofundando as diretrizes propostas pela PCNEM (BRASIL, 2002).

Uma matriz de especificações de competências e habilidades para o ENEM, foram incorporadas no PCN+. Neste documento, as disciplinas não são mais tratadas de forma isoladas, mas sim, em áreas de competências (Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias). Desta forma, o ensino se torna interdisciplinar, com as disciplinas dialogando entre si.

O ensino de Química, segundo o PCN+, deverá ser um instrumento na formação do cidadão. O ensino deve ser promovido de forma íntegra e significativa, com o intuito de promover o raciocínio crítico, a capacidade de interpretar os fenômenos, avaliar e julgar as transformações da natureza e materiais e as relações dos sistemas de produção, seja ele, agrícola ou industrial. Desta forma, aquele ensino baseado em memorização de fórmulas, equações e conhecimento fragmentado deverá ser abandonado.

[...] se traduz na realização de medidas, na elaboração de escalas, na construção de modelos representativos e explicativos essenciais para a compreensão de leis naturais e de sínteses teóricas. (PCN+, p. 25).

Em 2014, foi criado o Plano Nacional da Educação (PNE), que tem com função traçar metas para a Educação, com o objetivo de tentar suprir barreiras como: o acesso e permanência de todos, desigualdade social, formação para o trabalho, exercícios da cidadania. Não seria bastante ter acesso a educação, mas se faz necessário que tenha qualidade e possibilidade de mudanças significativas na vida dos discentes (ARAÚJO et al., 2016).

Em 2018, a criação da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), foi criada com o objetivo de ser um documento que busca o desenvolvimento integral dos alunos e que contou com a colaboração da sociedade. Sendo que a BNCC da Educação infantil e do Ensino

Fundamental foram aprovadas em 2017, já o do Ensino Médio em 2018. Seu objeto é prover uma equivalência na aprendizagem, assim sendo, estudantes de uma determinada série escolar tenham os mesmos conteúdos básicos, levando em consideração as particularidades regionais e socioculturais de cada região (BRASIL, 2018a).

O ensino de química precisa se amparar na principal característica que levou o ser humano até a lua e aos componentes do átomo: a curiosidade. Esta é fomentadora de toda e qualquer forma de ciência, pois será a partir dela que se fará questionamentos acerca de problemas encontrados no cotidiano e como resolvê-los.

Dentro desta nova temática a escolha dos recursos didáticos, consiste em uma fase essencial para relevância e êxito do processo de ensino e aprendizagem do discente, visto que, as estratégias e ferramentas que terão com objetivo facilitar e enriquecer as aulas, tornarão mais atraentes para os estudantes. Souza (2007) afirmou que “recurso didático é todo material utilizado como auxílio no ensino-aprendizagem do conteúdo proposto para ser aplicado pelo professor a seus alunos”.

A BNCC (BRASIL, 2018a) propõe que o discente seja o protagonista na construção do seu conhecimento, sendo fundamental por parte do professor o uso dos mais variados recursos didáticos para este fim. Tendo em vista a melhor escolha dos recursos didáticos, são aquelas que, consigam alcançar os objetivos propostos para um determinado conteúdo de forma simples e eficaz. E é com base nessas escolhas, nas situações do seu cotidiano escolar e seu contexto socioeconômico que se deverá verificar quais são os melhores recursos e meios didáticos para se trabalhar (MENEGOLLA, SANT’ANNA, 2014).

Nesse contexto, o uso de smartphone e computadores, que possam permitir o uso de aplicativos, tem sido de grande ajuda para incentivar e melhorar o processo de ensino e aprendizagem escolar (ROCHA; GUADAGNINI 2010):

Ultimamente, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm sido usadas como ferramentas potencializadoras no ensino de Física Experimental através de computadores, internet, programas computacionais educacionais de modelagem, simulações ou até mesmo aquisição de dados experimentais.

Serafim e Sousa (2011), afirmam que a mediação entre o docente e o discente deverá ser feita na forma de um diálogo aberto, tendo como base maneiras de incentivar a produção do saber do aluno, por meio de uma abordagem mais simples e próxima de sua realidade, valorizando seus conhecimentos prévios, criatividade e saberes. Desta forma, é sabido, que somente o uso de recursos didáticos, como os smartphone, computadores, livros paradidáticos

e outros, não implicará em uma boa formação acadêmica, mas sem dúvida, é quase impossível conseguir uma educação de excelência sem o auxílio das tecnologias. (D'AMBRÓSIO, 2003).

Para Araujo e Veit (2009), a eficácia de um recurso didático, não está associada somente as suas características, mas também às estratégias didáticas empregadas em seu uso. Deve-se levar em consideração algumas situações, tais como: propor questões instigantes; definir objetivos, conceitos e procedimentos que possam ser alcançados e que contemplem o desejo de aprender do aluno e promover a reflexão por parte dos estudantes, sobre os resultados obtidos.

Desta forma o smartphone e um aplicativo para tratamento quantitativo de imagem, disponível gratuitamente, serão ferramentas de grande importância neste projeto para a determinação das concentrações de cafeína. O software está disponível para download na página: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>.

## **4.5 Alcaloides**

### **4.5.1 Introdução**

O termo “alcaloide” foi registrado pela primeira vez no século XX, pelo farmacêutico W. Meibner, com o objetivo de caracterizar os metabólicos que foram isolados neste período e que possuíam característica de álcali. A primeira definição, os alcaloides apresentavam características básicas, possuindo um nitrogênio em sua estrutura sendo obtidos de plantas. Com o passar do tempo, o conceito foi modificado, em virtude de sua origem biogênica, e os requisitos de serem derivados de aminoácidos e apresentarem o nitrogênio na forma de heterocíclicos foram incluídos (CORDELL et al., 2001).

Ultimamente é aceito que os alcaloides, podem ser obtidos de outro organismo que não plantas, como organismos marinhos, fungos e animais. Outra característica importante é que nem todos são básicos, podendo ser neutros, ácidos e anfóteros. A definição mais aceita é apresentada por Pelletier, que diz “[...] um alcaloide é uma substância orgânica cíclica contendo nitrogênio em um estado de oxidação negativo que possui uma distribuição limitada entre os organismos vivos” (BRUNETON, 2001).

Os Alcaloides constituem vasto grupo de metabólicos com grande diversidade estrutural. Representam cerca de 20% das substâncias naturais descritas. Ao longo do tempo, vêm causando grande impacto na economia, medicina e em outros setores sociais e políticos. Desde os primórdios da civilização, as espécies vegetais contendo alcaloides foram usadas como medicamento, veneno e em “poções mágicas” (SIMÕES et al., 2017)

O povo Assírio, por volta de quatro mil anos, já usava plantas medicinais como: *Papaver somniferum* L., *Atropa belladonna* e *Mandragaro officinarum* L. Hoje sabemos que estas plantas possuem alcaloides em suas composições. Na China, na Índia, no Egito e na Grécia, em diferentes períodos da história, as utilizações de plantas contendo alcaloides foram listadas no tratamento de doenças. Personalidades como Hipócrates, Aristóteles, Dioscórides, Galeno, Avicena e Paracelso estudaram o potencial dos alcaloides de forma direta ou indiretamente (SIMÕES et al., 2017).

Durante a Idade média, além do uso medicinal, os alcaloides foram utilizados para assassinatos, feitiçaria e rituais religiosos. Alguns dos alcaloides usados: atropina (Lívia, esposa de Augusto do Império Romano); Coniina (chá de cicuta, usada para assassinar o filósofo Sócrates), estricnina e colchinha. Circe, feiticeira de Odisseia, usou extrato de *Mandragora* misturado com vinho para causar alucinações nos gregos enviados por Ulisses, fazendo com que se vissem como porcos (WINK, 1998).

Os primeiros alcaloides isolados foram “sais de ópio” obtidos pelo francês Derosne (1803), sendo uma mistura de morfina e outros alcaloides. A morfina foi isolada pelo farmacêutico Sertürner (1806). Diversos alcaloides foram isolados durante o século XIX. Pelletier e Caventou isolaram a estricnina (1817), cafeína (1819), colchicina (1820) e coniina (1820); Merck (1848) isolou a papaverina. Vários outros alcaloides foram e continuam sendo isolados com a finalidade de obter novos fármacos (EVANS, 2009).

#### **4.5.2 Propriedades dos alcaloides**

Os alcaloides possuem algumas propriedades gerais, tais como: apresentam nitrogênio em sua composição; são básicos, havendo algumas exceções; possuem o gosto amargo; são sólidos brancos; nas plantas, podem existir no estado livre como sais ou na forma de óxidos; são o grupo de metabólicos secundários de maior diversidade estrutural tendo mais de cinco mil compostos conhecidos; a maior parte deles provenientes de plantas e têm uma importante ação fisiológica (SIMÕES et al., 2017).

Os alcaloides têm como uma das principais funções a defesa química das plantas contra predadores, desde vertebrados até fungos e outras plantas. Além de defesa contra os raios ultravioleta e reserva de nitrogênio, sendo que para esta última há poucas evidências.

De acordo Simões et al. (2017), os alcaloides, em geral, são isolados na forma cristalina sólida, raramente são coloridos, mas alguns não oxigenados como nicotina e coniina, são líquidos à temperatura ambiente. São praticamente insolúveis em água e em solventes de alta

polaridade na sua forma básica, sendo solúveis em solventes de baixa polaridade. Em meio ácido, são protonados, tornando-se mais solúveis em água e em solventes de alta polaridade. Podem formar sais com cloridratos, sulfatos e maleatos, o que permite sua dissolução em meio aquoso. Em virtude da boa estabilidade apresentada pelos cristais, os alcaloides são armazenados na forma de sais.

A basicidade dos alcaloides está diretamente ligada à disponibilidade do par de elétrons do átomo de nitrogênio e a sua solubilidade está diretamente relacionada a sua basicidade. Quanto mais disponível o par de elétrons do nitrogênio, mais solúveis em solventes orgânicos de baixa polaridade, em contrapartida, menor disponibilidade do par de elétrons, será mais solúvel em solventes de alta polaridade. Efeitos como grupos doadores de elétrons, grupos elétrons-atraentes irão aumentar ou diminuir a disponibilidade do par de elétrons nos alcaloides (BRUNETON, 2001).

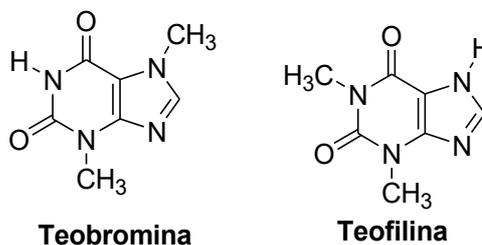
As propriedades farmacológicas dos alcaloides são em virtude, de sua variedade de estruturas químicas. Na maior parte dos casos, ostentam características de neurotransmissores, demonstrando papel de indução, regulação e estimulação de funções. Desta forma, esses metabólicos podem interagir com diversos alvos visto que têm potencial citotóxico a células de outros organismos. Além da atividade citotóxica, possuem atividades antifúngica e/ou antibacteriana e antiparasitária (ANISZEWSKI, 2007). Por causa da variedade de espécies e de estruturas, os alcaloides são uma classe de metabólicos extremamente versáteis, podendo apresentar características e potenciais farmacológicos diferentes, apenas variando o pH do meio.

De acordo com sua classificação biossintética, eles são divididos em três grupos: alcaloides verdadeiros, protoalcaloides e pseudoalcaloides. Já segundo a classificação química, são distribuídos entre: Quinolínicos, Isoquinolínicos, Tropânicos, Indólicos, Pirrolizidínicos e Metilxantinas.

#### **4.6 Metilxantinas**

As metilxantinas são as substâncias farmacologicamente ativas de maior consumo no mundo. Estão presentes na composição de várias bebidas alimentícias, estimulantes não alcoólicas. Dentre as metilxantinas, as mais abundantes são a cafeína, a teofilina e a teobromina.

**Figura 1** – Estrutura geral da teobromina e teofilina.



Fonte: o próprio autor.

As principais metilxantinas são: 1,3,7-trimetilxantina (cafeína), a 3,7-dimetilxantina (teobromina), 1,3-dimetilxantina (teofilina) e a 1,7-dimetilxantina (paraxantina). A cafeína e a teofilina apresentam uma aplicação relevante com relação a atividade farmacológica. Uma fonte de obtenção da cafeína é o café, a teobromina é obtida do cacau e a teofilina é obtida por processos sintéticos em laboratoriais.

Tendo sua origem em bases púricas e não em aminoácidos que é comum aos alcaloides, as metilxantinas possuem caráter anfótero, podendo em alguns casos ser consideradas pseudoalcaloides, mas de acordo com a presença de nitrogênio heterocíclico, atividade biológica bem definida e restrita a maior parte dos autores classificam-nas com alcaloides verdadeiros.

De acordo com Fredholm (2011) e Verna (2013), bebidas que possuem em sua composição metilxantinas são consumidas desde de tempos remotos, tendo relatos de evidências da era paleolítica.

Segundo registros, o imperador chinês Shen Nung (2737 a.C) foi o primeiro a extrair estes alcaloides do chá da Índia. Já no século X, apareceram os primeiros relatos do uso do café, como bebida quente na Arábia (1000 d.C). O cacau, como bebida, era considerado um presente dos deuses e foi oferecido pelo imperador asteca Montezuma aos conquistadores espanhóis (1519). Esta bebida derivada do cacau foi levada para Europa onde se popularizou e se acrescentou o leite a esta mistura na Suíça.

Em 1820, Runge isolou pela primeira vez a cafeína de grãos de café. Em 1888, Kossel isolou a teofilina, tendo seu nome derivado do termo folha divina. Woskresensky em 1842 a partir de semente de cacau isolou teobromina. Fischer em 1897 elucidou a estrutura dessa metilxantina. As metilxantinas são solúveis em soluções ácidas, etanol, água, solventes orgânicos clorados e soluções alcalinas. Referencia A Tabela 1 apresenta as propriedades físicas das principais xantinas.

**Tabela 1** – Propriedades físicas das principais xantinas.

Metilxantinas	Solubilidade	Sublimação	Faixa de Fusão
Cafeína	Água fria e quente; etanol; clorofórmio, éter etílico.	Cristais prismáticos 178-180 °C	235-237,5 °C
Teofilina	Água fervente e soluções alcalinas. Levemente solúvel em água fria, etanol e clorofórmio.	Funde sem sublimar.	269- 274 °C
Teobromina	Soluções ácidas ou alcalinas. Levemente solúvel em água fria ou fervente e em etanol.	Cristais aciculares pequenos 290-295 °C	350 °C

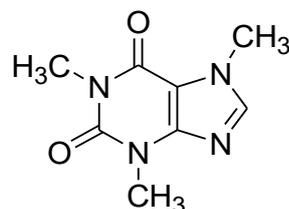
Fonte: Simões et al. (2017).

As metilxantinas possuem um amplo espectro de atividade farmacológicas, podendo estimular o sistema nervoso central, facilitando a atividade cortical, inibindo o sono e diminuição da sensação de fadiga, dentre outras (FREDHOLM, 2011). De acordo Simões et al. (2017), entre esses efeitos, podem-se destacar os seguintes: No sistema nervoso central: são estimulantes, facilitam a atividade cortical, inibem o sono, diminuem a sensação de fadiga, estimulam os centros respiratórios e vasomotores bulbares, reduzindo a sensibilidade dos quimiorreceptores ao dióxido de carbono. Há controvérsias sobre se esta atividade é mais marcante para a cafeína ou para a teofilina. No sistema cardiovascular: possuem ação inotrópica positiva, aumentam a frequência e os débitos cardíaco e coronariano. A teofilina possui efeito mais marcante. A cafeína causa vasoconstrição do sistema vascular cerebral e vasodilatação periférica, agindo também como vasodilatador coronariano periférico. Com relação a musculatura lisa: a teofilina e, menos acentuadamente, a teobromina induzem um relaxamento não específico da musculatura brônquica, das vias biliares e dos ureteres. Na musculatura estriada: estimulam a contração, reduzindo a fadiga muscular; tal efeito é mais pronunciado para a cafeína. Na diurese: a teobromina e a teofilina aumentam o débito sanguíneo renal e a filtração glomerular, possuindo uma atividade diurética notável; o efeito é mais duradouro para a teobromina.

#### 4.7 Cafeína

A cafeína é um alcaloide, identificado como 1,3,7-trimetilxantina, de fórmula molecular  $C_8H_{10}N_4O_2$ , peso molecular igual a 194,19 g mol<sup>-1</sup> e na sua estrutura contém um esqueleto de purina. Trata-se de um pó branco, cristalino, com sabor muito amargo, sem cheiro e aspecto brilhante (SOARES; FONSECA, 2005).

**Figura 2** – Estrutura da Cafeína.



Fonte: o próprio autor.

A cafeína está presente em uma gama muito ampla de medicamentos, como analgésicos, antipiréticos e antigripais, associada com ácido acetilsalicílico, paracetamol, codeína e diidroergotamina, para alívio ou abortamento das crises de enxaqueca. Ela atua também como fármaco isolado, sobretudo na depressão respiratória em neonatos (KREUTZER; BASSLER, 2014).

Bebidas à base de cafeína ou preparados à base de guaraná têm uma ampla utilização na medicina popular e são comercializados como estimulantes, tônicos e revigorantes. Há evidências que a cafeína pode causar dependência, mas com um efeito suave e compatível com a vida social.

A quantidade diária de cafeína consumida no mundo varia em torno 50 mg/pessoa/dia sendo oriundo basicamente do consumo de bebidas estimulantes. Uma xícara (175 mL) de café contem 85 a 115 mg de cafeína; uma xícara de chá da índia possui 50 mg de cafeína.

**Figura 3** – Concentração de cafeína em algumas bebidas.



Fonte: <https://www.hipertrofia.org/blog/2019/05/08/cafeina-beneficios-musculacao/><sup>8</sup>

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.hipertrofia.org/blog/2019/05/08/cafeina-beneficios-musculacao/>>. Acesso em: 12 out. 2020.

Segundo Bortolini (2010), um dos benefícios do uso da cafeína é a estimulação do sistema do Sistema Nervoso Central, diminuindo a fadiga, aumentando o estado de alerta, estimulando a broncodilatação e aumentando a respiração.

Dentre as propriedades físico-químicas da cafeína pode-se citar: temperatura de fusão de 23,8 °C, temperatura de ebulição de 178 °C, densidade de 1,23 g mL<sup>-1</sup> e volatilidade de 0,5% em pH 6,9. Sublima sem que se decompor termicamente, sendo solúvel em água e em solventes de alta polaridade (SOARES; FONSECA, 2005).

Diariamente os brasileiros ingerem aproximadamente 40 mg de cafeína, de diversas formas, entre elas, no consumo de café, chá mate e refrigerantes. A maior parte é metabolizada pelo fígado e eliminada pelos rins na urina (FERIGOLO; SIGNOR; CRESTANI, 2007).

Diversos efeitos fisiológicos são observados a partir do consumo da cafeína. Segundo Schardt (2008) há evidência que pessoas que ingerem cafeína têm uma menor probabilidade de desenvolver doença de Parkinson. Outro efeito observado é o aumento da capacidade de alerta e redução da fadiga, com a melhora no desempenho das atividades que requerem maior vigilância (OLIVEIRA e AKISUE, 2005).

#### **4.8 Métodos para determinação de cafeína**

O primeiro método usado para determinação de cafeína em produtos alimentícios foi a gravimetria, sendo este durante muitos anos o método oficial empregado pela “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC). Esta técnica consistia na extração do produto com mistura de água e álcool etílico, seguida por uma limpeza do filtrado com óxido de magnésio e extração com clorofórmio. Com a evaporação do solvente a cafeína era determinada por gravimetria. Este método gastava muito tempo e nem todos os interferentes eram retirados da amostra. Em 1947, a AOAC passou a usar o método “Bailey-Andrew” que tinha como característica a otimização do processo de limpeza da amostra.

A espectrofotometria, método que se baseia na absorção de radiação eletromagnética na região do ultravioleta, é muito empregada na determinação de cafeína em diferentes matrizes, sendo necessários alguns ensaios e etapas anteriores. A cafeína é quantificada por espectrofotometria na região do ultravioleta a 274 nm (WELTER, 2011). Além disso, a espectrofotometria na região do infravermelho tem sido utilizada para determinação de cafeína em medicamentos e em alimentos (MARIA; MOREIRA, 2007).

A cromatografia em camada delgada (CCD) é uma técnica qualitativa, simples, rápida, eficiente, de baixo custo e largamente empregada no controle de qualidade de plantas

medicinais, tanto em matéria-prima vegetal quanto em fitoterápicos derivados, que permite análise, monitoramento, isolamento de compostos bioativos e avaliação do grau de pureza de compostos orgânicos (JULIÃO et al., 2003; SHERMA; FRIED, 2003). Dentre as inúmeras vantagens da CCD, destacam-se o curto tempo de análise, a seletividade e a sensibilidade (MÄDER et al., 2009; SHAMA et al., 2010; HOSU et al., 2015; AGATONOVIC-KUSTRIN et al., 2016; LEBOT; LEGENDRE, 2016).

Esse método utiliza placas de vidro, plástico ou alumínio pré-revestidas com uma fina camada de adsorvente com espessura variável, como sílicagel ( $\text{SiO}_2$ ) ou alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), chamada de fase estacionária. As placas podem ser preparadas ou adquiridas comercialmente (SHRINER et al., 2004; GIBBONS, 2006).

O processo de separação ocorre por mecanismos de adsorção onde os constituintes presentes na amostra são adsorvidos mais fortemente pelo adsorvente por mecanismos de partição, que dependem da solubilidade relativa do composto no adsorvente (fase estacionária) e no solvente (fase móvel).

Os compostos que são mais afins com a fase móvel irão migrar e percorrer a placa, numa extensão maior do que os componentes que são mais solúveis na fase estacionária. No caso das placas revestidas com sílica ou alumina, os produtos naturais polares movem-se lentamente quando comparados com os menos polares, durante a separação (GIBBONS, 2006).

A separação de misturas é efetuada por aplicação das amostras cerca de 2 cm acima da parte inferior da placa, sendo então colocada no interior de uma câmara de desenvolvimento onde se encontra a fase móvel líquida, o solvente adequado ou misturas de solventes (eluente). A fase móvel encontra-se abaixo do nível onde foram aplicadas as amostras (linha de origem), o suficiente apenas para molhar a borda inferior da placa. A frente do solvente migra para a placa e à medida que a atravessa separa os compostos da mistura de acordo com a polaridade dos mesmos. A placa é retirada da câmara antes do eluente atingir o topo da placa de modo a ser possível a determinação da posição de cada mancha por meio de reveladores ou por meio da coloração do composto presente na amostra.

A distância a qual o solvente move os compostos na placa depende da capacidade deste de interagir com o sistema de adsorvente e o solvente utilizado (GIBBONS, 2006; SHRINER et al., 2004).

A maneira de quantificar a migração de um composto num adsorvente em particular e com sistema de solventes é a partir do fator de retenção ( $R_f$ ), que é definido pela razão entre a distância percorrida pelo composto a partir da origem pela distância percorrida pelo sistema de solventes (SHRINER et al., 2004; GIBBONS, 2006).

A visualização e detecção das manchas pode ser realizada por métodos não destrutivos, pois possibilita o isolamento de compostos puros a partir do adsorvente, como a detecção por luz de ultravioleta (UV). No entanto requer que o adsorvente apresente um indicador fluorescente, para que os compostos eluídos apareçam como manchas escuras, por bloquearem o indicador fluorescente; ou destrutivos através da pulverização com reagentes que contaminam os compostos e não permitem a recuperação dos mesmos, mas que podem possibilitar a identificação de diferentes classes de produtos químicos (SHRINER et al., 2004; GIBBONS, 2006).

#### **4.9 ImageJ**

O uso de programas computacionais de análise de imagem têm sido cada vez mais comuns. Dentre os diversos programas disponíveis para download, destaca-se o ImageJ. ImageJ é um programa de domínio público desenvolvido pelo National Institute of Health, NIH, nos Estados Unidos. Por ser de domínio público possui seu código aberto possibilitando que a comunidade de usuários desenvolva complementos e modificações de acordo com suas necessidades. O programa está disponível para download na página: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> (COLLINS, 2007; GONZALEZ; WOODS, 2009; SCHNEIDER et al., 2012; RASBAND, 2020).

O Processamento digital de imagens crescendo devido as aplicações em diversas áreas para análise quantitativa, qualitativa e sua correlação com as propriedades representando uma ferramenta indispensável. Para realizar a análise de uma imagem é preciso ter-se um sistema de classificação, que usa obter informações suficientes para diferenciar regiões de interesse e/ou definir um conjunto de características capazes de descrever de maneira efetiva cada região contida em uma imagem. Para isso se faz necessário tratar a imagem evidenciando as regiões de interesse de maneira que o programa possa realizar a análise. O tratamento de imagem se dá por operações de matrizes que alteram o valor de seus pixels. Pixels são elementos da imagem e possuem posição e valor de brilho definidos, formando uma matriz correspondente à imagem. Existem diversas operações já descritas na literatura e a aplicação consecutiva de diferentes operações, ou filtros, podem levar ao mesmo resultado. Desta maneira, a experiência do operador e o conhecimento básico dos filtros são importantes para se desenvolver um algoritmo para evidenciar as regiões de interesse da imagem (WOJNAR, 1999).

A quantificação de compostos orgânicos pode ser realizada através de análise de imagens, pois uma imagem é um resultado de um estímulo luminoso que está associada aos

comprimentos de onda refletidos no sensor de um dispositivo eletrônico, tal como câmeras digitais, câmera de celular, tablets, scanner (GODINHO, 2008) e outros equipamentos que registrem a luz. O uso da análise de imagens vem aumentando, diversas aplicações vêm sendo realizadas, como por exemplo, a análise de complexos amido-iodo, análise de vitamina C, análise de amostras de café, cervejas e refrigerantes, bem como utilização no ensino de química (CUNHA, 2000; MATHEWS, 2004; SILVA, 2006; GODINHO, 2008; GOMES, 2008; KEHOE, 2013).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Obtenção das amostras para análise**

As amostras de chás, erva-mate, café-solúvel e medicamentos foram adquiridas no comércio local na cidade de Viçosa-MG, já as amostras de café, em diferentes estágios de maturação foram coletadas na casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa e utilizadas para análise. Quando necessário, as amostras foram trituradas em gral com pistilo utilizando água ou diclorometano como solventes extratores. As misturas foram submetidas à filtração simples e os filtrados foram utilizados nos ensaios em Cromatografia em Camada Delgada (CCD). As amostras líquidas foram diluídas com diclorometano antes de serem submetidas à análise por CCD.

Os comprimidos foram pesados, triturados em gral com pistilo e solubilizados em 10 mL de água destilada. Em seguida, a solução resultante foi transferida para um funil de separação e submetida à extração com 4 mL de diclorometano (Figura 4). Após agitação e repouso da mistura, a fase orgânica foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL e a fase aquosa foi submetida novamente a duas extrações consecutivas com 3 mL de diclorometano cada, para garantir extração de toda cafeína presente nos comprimidos. As fases orgânicas obtidas na segunda e terceira extrações foram adicionadas à obtida na primeira, no balão volumétrico de 10 mL e o volume foi completado com diclorometano. O procedimento foi realizado em triplicata.

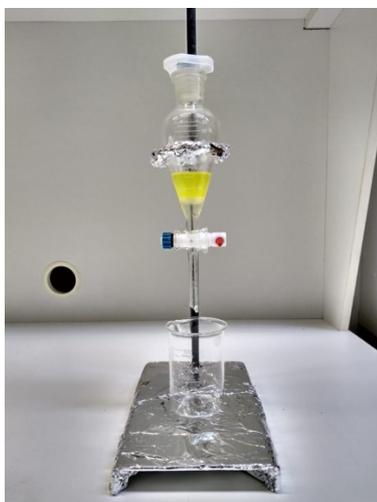
**Figura 4** – Extração de cafeína em medicamentos.



Fonte: o próprio autor.

Para a extração da cafeína nas amostras sólidas (café, chás e erva-mate) foi realizado o seguinte procedimento: 10 g de café, chá ou erva-mate foram pesadas com uma balança analítica Shimadzu (capacidade 82/220 g e precisão 0,1 mg/0,01 mg) e transferidas para um béquer de 250 mL ao qual foram adicionados 4,8 g de carbonato de sódio e 100 mL de água destilada. A mistura foi aquecida até ebulição com agitação por quinze minutos. Após este tempo, a mistura foi resfriada até cerca de 55 °C e filtrada a vácuo. O filtrado foi novamente resfriado entre 15 e 20 °C em banho de gelo picado e submetido à filtração a vácuo. A seguir, o filtrado foi transferido para um funil de separação de 125 mL e submetido a três extrações consecutivas com 20 mL de diclorometano cada (Figura 5).

**Figura 5** – Extração de cafeína de café, chá e erva-mate.



Fonte: o próprio autor.

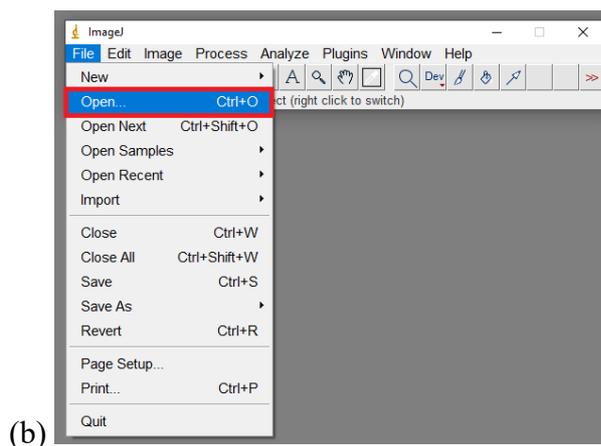
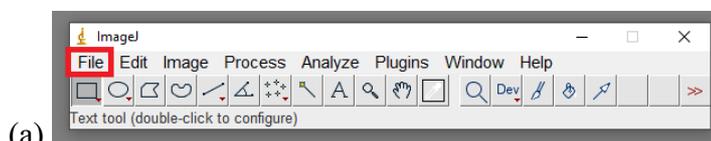
As porções de extratos orgânicos foram lavadas com 20 mL de água destilada e transferida para um Erlenmeyer de 125 mL, deixadas em contato com sulfato de magnésio por dez minutos e, novamente, filtradas. O solvente foi eliminado a pressão reduzida em rotaevaporador, podendo também ser usado um banho-maria na capela. O resíduo sólido (cafeína) foi transferido para um frasco previamente pesado e rotulado. O procedimento foi realizado em triplicata.

## 5.2 Guia de uso do programa ImageJ

O uso do programa para computador ImageJ teve com finalidade a determinação da área das manchas previamente registradas, por meio de fotos usando smartphone, nas placas de CCD reveladas com uma lâmpada de UV. Primeiramente, foi feito o download do programa, disponível gratuitamente na página <<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>>.

O Programa foi executado em sua pasta, clicando no ícone com imagem de microscópio. Clicando na opção **File**, uma janela foi aberta e a opção **Open** foi selecionada (Figura 6).

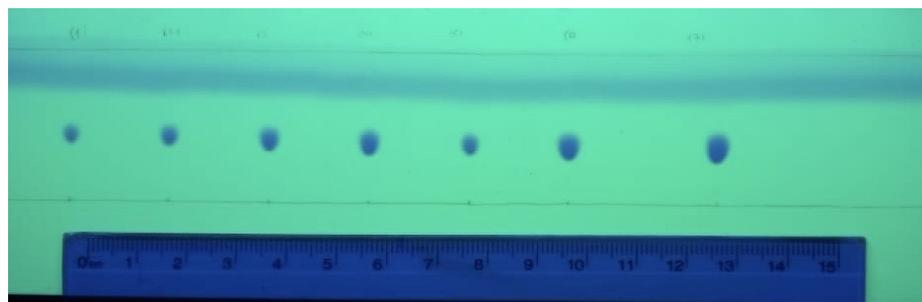
**Figura 6** – Tela File (a) e Open (b).



Fonte: O próprio autor.

Após esta etapa, uma nova janela foi aberta e a foto de interesse foi selecionada para edição (Figura 7).

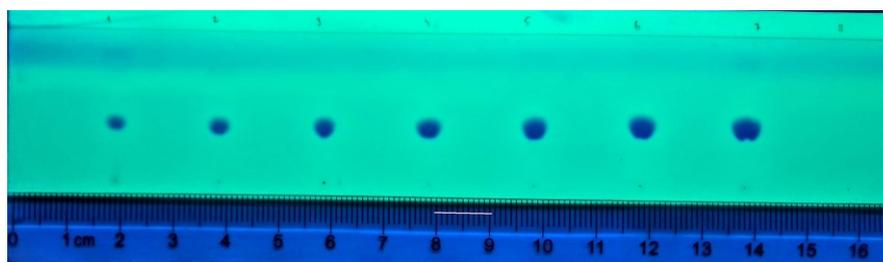
**Figura 7** – Placa de CCD de amostras de cafeína após eluição e revelação



Fonte: o próprio autor.

Uma régua também foi adicionada à imagem, com o objetivo de determinar a escala, clicando no ícone da ferramenta linha, na tela inicial do programa e, com o auxílio da régua que aparecerá na foto, é possível marcar e configurar a escala. Neste trabalho foi utilizado 1 cm (Figura 8).

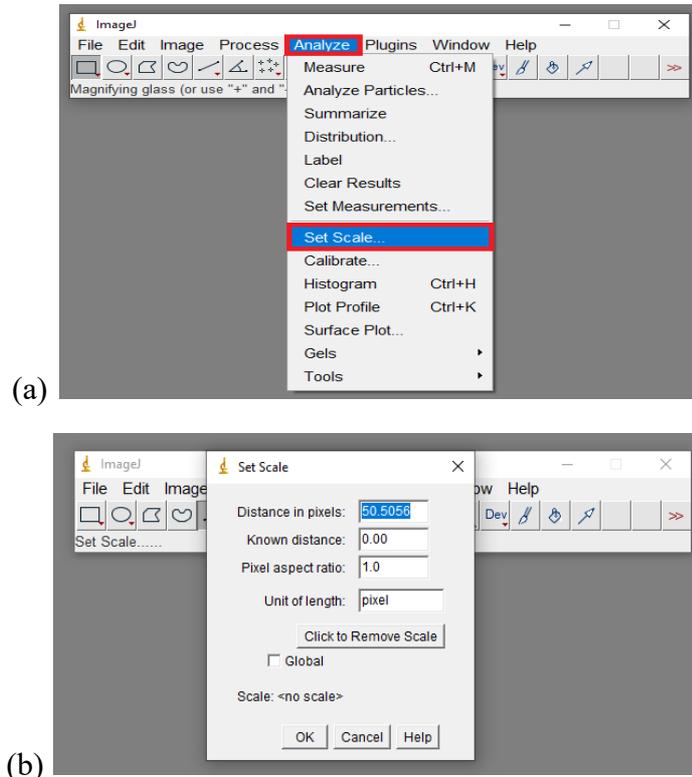
**Figura 8** – Determinação da escala.



Fonte: o próprio autor.

Para isso a opção **Analyze (a)** foi selecionada no menu principal, seguida pela seleção de **Set Scale (b)**. Na nova aba foi selecionada a opção **Known distance (b)**, onde foi inserido o número 1 e, na opção **Unit of length (b)** foi definida a unidade de medida em cm. Ao final do procedimento, foi selecionado o comando **OK**. Após esta etapa, o programa retorna à tela inicial (Figura 9).

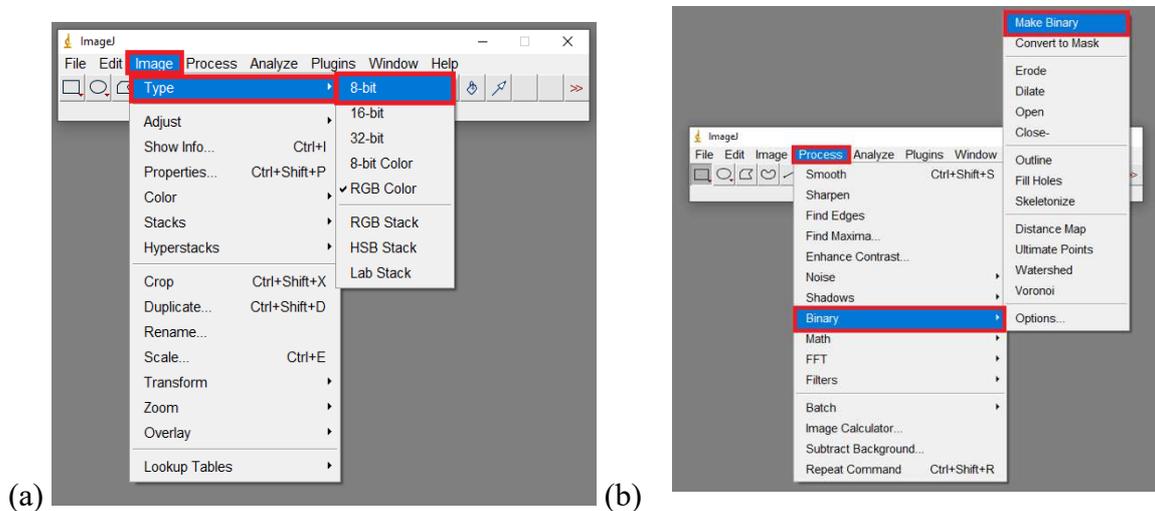
**Figura 9 –** Processo de tratamento da imagem I.



Fonte: o próprio autor.

O próximo passo foi clicar na opção **Image**, localizada na tela inicial, e em seguida em **Type** e **8-bit** (a). A seguir foram seleccionadas as opções **Process** (b), na barra da tela inicial, **Binary** (b) e **Make Binary** (b) (Figura 10).

**Figura 10 –** Processo de tratamento da imagem II.



Fonte: o próprio autor.

O resultado do processamento de imagens usando o programa ImageJ é apresentado na Figura 11.

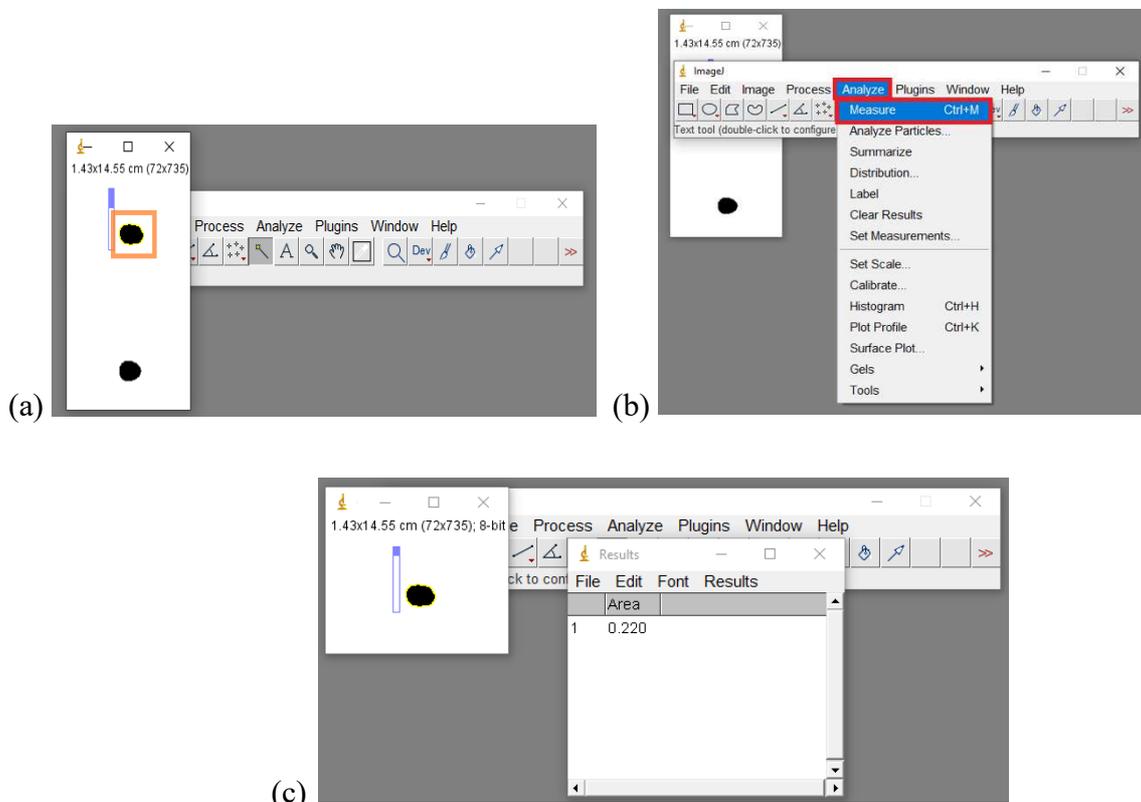
**Figura 11** – Imagem da CCD tratada com o programa.



Fonte: o próprio autor.

Para determinar a área das manchas, deve selecionar na barra principal o comando similar a uma barra **(a)**, e em seguida os comandos **Analyze** e **Mesure** **(b)** e uma nova janela chamada **Results** **(c)** irá aparecer (Figura 12). O mesmo procedimento de seleção deve ser usado para as demais manchas.

**Figura 12** – Determinação da área da mancha.



(d) Fonte: o próprio autor.

### 5.3 Construção da curva analítica utilizando CCD-Smartphone-ImageJ

Uma solução estoque de cafeína foi preparada com concentração de  $9,975 \text{ mg mL}^{-1}$ . Em seguida, alíquotas da solução estoque foram transferidas para um balão volumétrico de 10 mL e o volume completado com diclorometano de forma a se obter soluções com concentrações de  $0,599$ ;  $0,798$ ;  $1,197$ ;  $1,397$ ;  $1,596$  e  $1,796 \text{ mg mL}^{-1}$ , conforme Tabela 2.

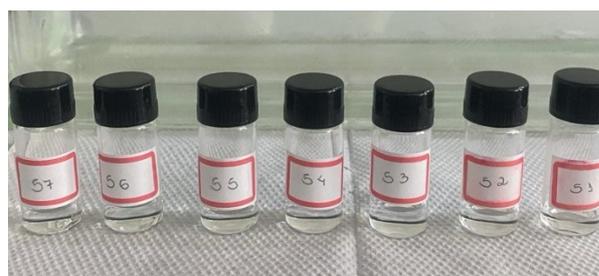
**Tabela 2** – Volumes de solução estoque e de diclorometano e concentração das soluções de cafeína utilizados na construção da curva analítica.

Soluções	Volume da solução estoque ( $\mu\text{L}$ )	Volume da solução estoque ( $\mu\text{L}$ )	Concentração ( $\text{mg mL}^{-1}$ )
S <sub>1</sub>	60	940	0,599
S <sub>2</sub>	80	920	0,798
S <sub>3</sub>	100	900	0,998
S <sub>4</sub>	120	880	1,197
S <sub>5</sub>	140	860	1,397
S <sub>6</sub>	160	840	1,596
S <sub>7</sub>	180	820	1,796

Fonte: o próprio autor.

A curva analítica foi construída aplicando-se  $24 \mu\text{L}$  das sete soluções padrão de cafeína, em diferentes concentrações, (Figura 13), em uma placa CCM ALUGRAM Xtra SIL G/UV 254 recoberta com sílica-gel e com dimensões de 20 cm x 5 cm. Cada ponto de aplicação possuía uma distância de 1 cm do outro e todos estavam localizados a 1,5 cm de altura da base. A distância total percorrida pela fase móvel foi de 3 cm (Figura 14). A aplicação foi realizada com uma Microseringa Hamilton.

**Figura 13** – Soluções padrão de cafeína.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 14** – Aplicação das amostras na placa de CCD.



Fonte: o próprio autor.

Ao final da aplicação, a placa foi inserida em uma cuba cromatográfica contendo uma fase móvel composta pela mistura das seguintes substâncias: 59,5 mL de acetato de etila, 7 mL de etanol e 3,5 mL de hidróxido de amônio. Após a eluição, o sistema foi revelado com lâmpada de luz ultravioleta ( $\lambda = 254 \text{ nm}$ ) (Figura 15), registrado em fotografia utilizando um smartphone (Moto G 5S<sup>®</sup>) e a área das manchas foi determinada nas fotos utilizando o programa de computador ImageJ. A curva analítica foi obtida plotando a área das manchas ( $\text{cm}^2$ ) *versus* concentração de cafeína ( $\text{mg mL}^{-1}$ ).

**Figura 15** – Eluição e revelação da placa de CCD.



Fonte: o próprio autor.

**Figura 16** – Cromatograma revelado no ultravioleta.



Fonte: o próprio autor.

#### 5.4 Construção da curva analítica utilizando espectrofotometria no UV-Vis

Para construção da curva analítica utilizando a técnica de UV-Vis foram preparadas soluções padrão de cafeína nas mesmas concentrações e seguindo o mesmo procedimento para obtenção da curva analítica por CCD (Tabela 2). Os padrões foram lidos em um espectrofotômetro UV-Visível 50 PROBE – Casy – Varian, utilizando ( $\lambda = 272$  nm). Os testes foram feitos em triplicas. A curva analítica foi obtida plotando absorvância *versus* concentração de cafeína ( $\text{mg mL}^{-1}$ ).

#### 5.5 Aplicação do trabalho como tema gerador nas aulas de Química do Ensino Médio

Em virtude deste momento pandêmico, provocado pelo novo Corona vírus (SARS-CoV-2) que se vive no mundo desde o início de 2020 e, precisamente, no Brasil a partir de março de 2020, a aula experimental que havia sido programada para ser ministrada presencialmente aos alunos do ensino médio da Escola José Alencar Gomes da Silva, uma escola SESI do sistema Fiemg, e da Escola Estadual Raul Soares foi realizada de forma remota através de uma videoaula.

Desta forma, com o cenário apresentado neste mundo pandêmico, não foi possível analisar amostras de medicamentos, bebidas, chás e café trazidas pelos alunos, conforme havia sido programado, e a parte experimental foi toda realizada nos laboratórios da Universidade Federal de Viçosa. O preparo de soluções padrão das amostras, placas cromatográficas (CCD) e toda a parte experimental foi executada nos laboratórios de Química da Universidade Federal de Viçosa, conforme descrito no item 5.3 e registrada através de vídeo com o auxílio de um Iphone 11 Pro Max. A videoaula foi produzida com o uso de Power Point, com o objetivo de promover uma maior contextualização do tema para os alunos, utilizando uma dinâmica mais próxima de sua realidade.

Inicialmente, foi feita uma apresentação para os alunos sobre os conceitos teóricos do trabalho, abordando assuntos como: métodos de separação, cromatografia, solubilidade e funções orgânicas. Posteriormente, foi feita uma explanação para entendimento dos alunos sobre a utilização do programa ImageJ<sup>®</sup> e sobre a importância da calibração para realização de determinação da cafeína presente nas amostras, com o uso da curva analítica previamente construída pelo professor.

Na sequência, os assuntos estudados por cada turma, foram abordados, separadamente, nas aulas de química, utilizando o experimento realizado como tema gerador. Com a turma do

primeiro ano, foram discutidos métodos de separação e solubilidade; já com segundo ano, foi abordado o conteúdo concentração e, com as turmas de terceiro ano, mais focadas no ENEM, foram tratados os conteúdos métodos de separação, solubilidade, concentração e funções orgânicas.

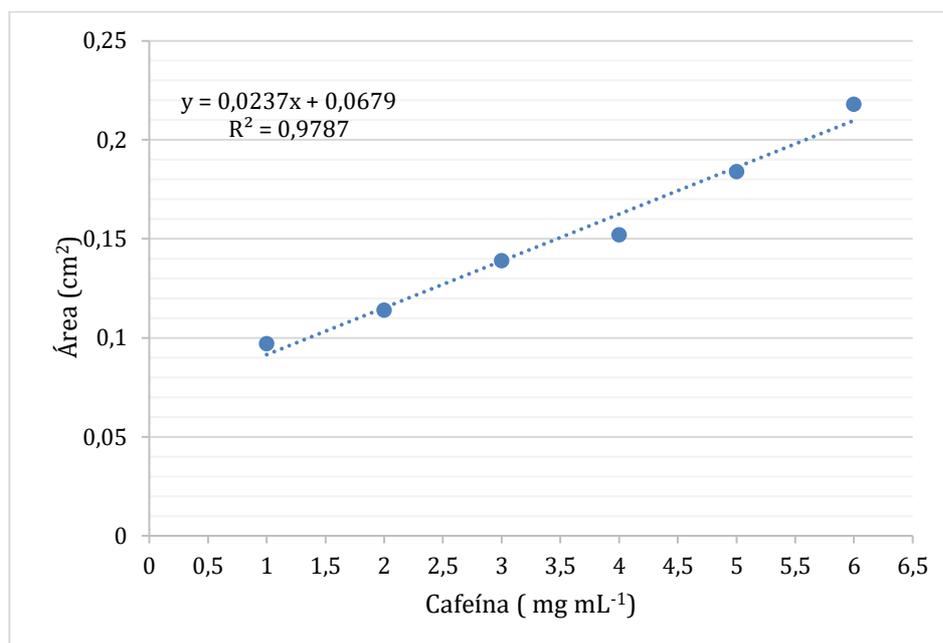
## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste trabalho foi desenvolvido um método alternativo simples e de baixo custo para determinação de cafeína em diversos medicamentos adquiridos no mercado local de Viçosa-MG e em extratos de chás, erva-mate e café, em diferentes estádios de maturação, coletados na casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa. O método proposto utiliza cromatografia em camada delgada (CCD), smartphone, o programa ImageJ e um computador, de forma a substituir análises realizadas por equipamentos caros e que dificilmente serão encontrados em laboratórios de escolas de ensino médio como cromatógrafos e espectrofotômetros.

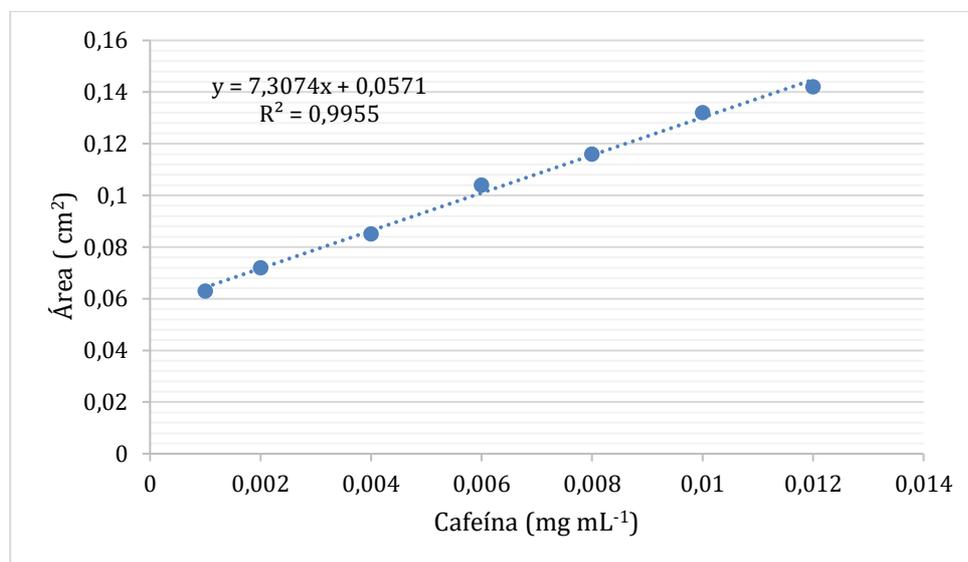
### **6.1 Determinação de cafeína em medicamentos, café, erva-mate e chás**

#### **6.1.1 Cromatografia em camada delgada (CCD), Smartphone e ImageJ**

Para determinar a quantidade de cafeína nas amostras avaliadas, utilizando o método desenvolvido, foram construídas duas curvas analíticas para analisar medicamentos (Figura 17) e extratos de café, de erva-mate e de chás (Figura 18), respectivamente. Ambas foram construídas plotando a área das manchas ( $\text{cm}^2$ ), reveladas na placa de CCD e dimensionadas pelo ImageJ, *versus* concentração de cafeína ( $\text{mg mL}^{-1}$ ).

**Figura 17** – Curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos.

Fonte: o próprio autor.

**Figura 18** – Curva analítica para determinação de cafeína nos extratos de café, erva-mate e chás.

Fonte: o próprio autor.

Conforme observado nas Figuras 17 e 18, ambas as curvas analíticas possuem coeficiente de correlação (R) superior a 0,99 indicando a linearidade das mesmas (Anvisa, 2003).

Construídas as curvas analíticas, volumes definidos das amostras de medicamentos (Figura 19) e dos extratos de café, chás e erva-mate (Figura 20), preparados conforme elencado

no tópico 5.1 foram aplicados na placa de CCD e eluídos com a mistura do eluente testada. As placas foram reveladas em lâmpada de UV e a área da mancha referente à cafeína, presente em cada uma das amostras analisadas, foi dimensionada usando o programa ImageJ. A concentração de cafeína ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) foi então obtida substituindo o valor da área na equação da curva analítica. A seguir, a quantidade de cafeína presente nas amostras avaliadas foi determinada usando um cálculo matemático simples (regra de três). O procedimento foi realizado em triplicata.

**Figura 19** – Amostras de medicamentos



Fonte: o próprio autor.

**Figura 20** – Extratos de café, erva-mate e chás, e cuba cromatográfica.



Fonte: o próprio autor.

Na Tabela 3 constam os valores de concentração ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) e a quantidade de cafeína (mg) encontrados nos medicamentos analisados, bem como a quantidade de cafeína (mg) registrada na embalagem de cada medicamento (quantidade esperada). Conforme observado, a

quantidade de cafeína encontrada usando o método proposto é similar à descrita na embalagem dos medicamentos, indicando que esse princípio ativo está dentro das especificações do fabricante, com exceção do medicamento IV, no qual a quantidade de cafeína encontrada é superior à mencionada pelo fabricante.

**Tabela 3** – Concentração e quantidade de cafeína contida nos medicamentos determinados por CCD.

Amostras	Concentração de Cafeína na Amostra (mg mL <sup>-1</sup> )	Quantidade de Cafeína Encontrada (mg)	Quantidade de Cafeína Esperada (mg)
Medicamento I	3,090	30,90 ± 0,6	30
Medicamento II	5,072	50,72 ± 0,5	50
Medicamento III	5,035	50,35 ± 0,2	50
Medicamento IV	3,270	32,70 ± 1,9	30

Fonte: o próprio autor.

A quantidade de cafeína (mg g<sup>-1</sup>) presente no café-solúvel e nos extratos de Chá-verde e preto, erva-mate e café amarelo, vermelho e verde é apresentada na Tabela 5. Conforme observado, dentre as amostras avaliadas, as de café foram as que apresentaram a maior quantidade de cafeína com uma variação insignificante entre o café-solúvel (9,20 mg g<sup>-1</sup>) e os grãos de café vermelho (9,09 mg g<sup>-1</sup>), amarelo (9,00 mg g<sup>-1</sup>) e verde (8,75 mg g<sup>-1</sup>). Embora a quantidade de cafeína encontrada nos chás (7,64; 6,71 e 4,54 mg g<sup>-1</sup> preto, verde e erva-mate, respectivamente) seja inferior à presente no café, essas bebidas também são importantes fontes deste composto para o organismo humano.

**Tabela 4** – Concentração e quantidade de cafeína contida no café-solúvel e nos extratos (café, chá, erva-mate) determinados por CCD.

Amostras	Concentração de Cafeína (mg mL <sup>-1</sup> )	Quantidade de Cafeína (mg g <sup>-1</sup> )	Quantidade de Cafeína (mg 100 g <sup>-1</sup> )
Café-solúvel	0,0098	9,20	920,47
Chá-verde	0,0071	6,71	670,65
Chá-preto	0,0083	7,64	763,92
erva-mate	0,0051	4,54	453,98
Café verde	0,0094	8,75	875,01
Café amarelo	0,0093	9,00	900,04
Café vermelho	0,0094	9,09	908,88
Café-solúvel	0,0098	9,20	920,47

Fonte: o próprio autor.

### 6.1.2 Análise por Espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis)

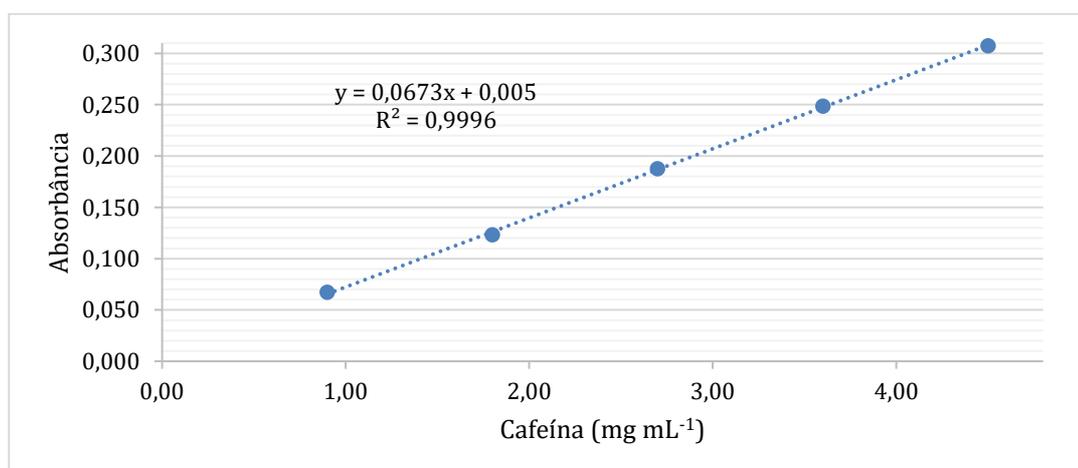
Também foram construídas curvas analíticas para determinação de cafeína em medicamentos (Figura 21), bem como em café-solúvel e nos extratos de café (vermelho, amarelo e verde), chá (preto e amarelo) e erva-mate (Figura 22) pelo método de espectrofotometria no UV-Vis, utilizando as mesmas soluções de cafeína preparadas para construção das curvas analíticas obtidas pelo método proposto. Para isso, foram plotados gráficos utilizando no eixo x a concentração de cafeína ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) e no eixo y as absorvâncias obtidas no UV-Vis em  $\lambda = 272 \text{ nm}$ . Esses dados constam nas Tabelas 5 e 6 e foram usados para construção das Figuras 21 e 22, respectivamente.

**Tabela 5** – Valores de absorvância e de concentração das soluções padrão de cafeína utilizados para obtenção da curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos.

Soluções Padrão	Absorvância 1	Absorvância 2	Absorvância 3	Absorvância Média	Concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ )
1	0,0668	0,0672	0,0674	0,0671	0,9
2	0,1232	0,1234	0,1233	0,1233	1,8
3	0,1875	0,1878	0,1877	0,1877	2,7
4	0,2484	0,2487	0,24885	0,2487	3,6
5	0,3073	0,3074	0,3078	0,3075	4,5

Fonte: o próprio autor.

**Figura 21** – Curva analítica para determinação de cafeína em medicamentos ( $\lambda=272 \text{ nm}$ ).



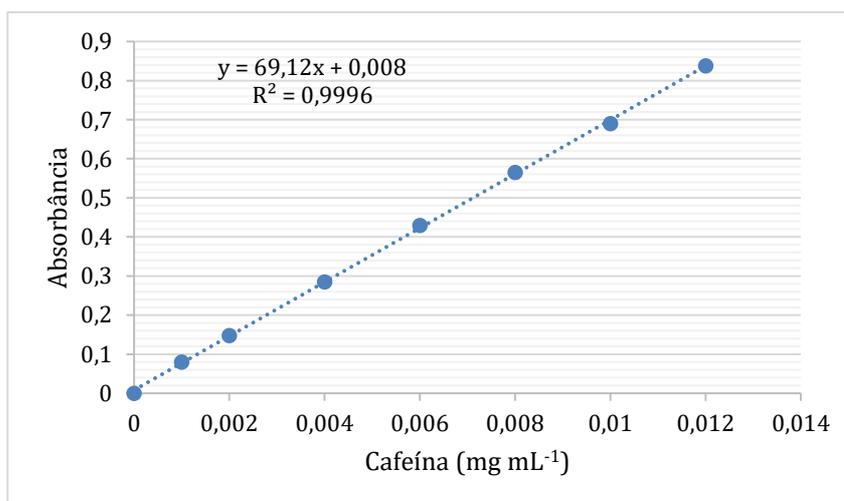
Fonte: o próprio autor.

**Tabela 6** – Valores de absorvância e de concentração das soluções padrão de cafeína utilizados para obtenção da curva analítica para determinação de cafeína em café-solúvel e nos extratos (grãos de café, chás e erva-mate).

Concentração (mg mL <sup>-1</sup> )	Absorbância
0	0
0,001	0,080
0,002	0,148
0,004	0,285
0,006	0,430
0,008	0,565
0,010	0,690
0,012	0,838

Fonte: o próprio autor.

**Figura 22** – Curva analítica para determinação de cafeína em café-solúvel e nos extratos (grãos de café, chás e erva-mate) ( $\lambda=272$  nm).



Fonte: o próprio autor.

Conforme observado, ambas as curvas analíticas (Figuras 21 e 22) apresentaram um coeficiente de correlação ( $r$ ) superiores a 0,99, indicando que elas são lineares (ANVISA, 2003). Dessa forma, elas foram utilizadas para determinar a concentração de cafeína (mg mL<sup>-1</sup>), nas amostras previamente preparadas, substituindo o valor da absorção na equação da curva analítica. A seguir, a quantidade de cafeína presente nas amostras avaliadas foi determinada usando um cálculo matemático simples (regra de três). O procedimento foi realizado em triplicata e os resultados constam nas Tabelas 7, 8 e 9.

**Tabela 7** – Concentração e quantidade de cafeína contida em medicamentos determinadas por UV-Vis

Amostras	Concentração do Balão (mg mL <sup>-1</sup> )	Concentração de Cafeína (mg mL <sup>-1</sup> )	Quantidade de Cafeína (mg)
Medicamento I	1,545	3,0906	30,91± 0,64
Medicamento II	2,511	5,0223	50,22 ± 0,16
Medicamento III	2,259	5,0190	50,19 ± 0,13
Medicamento IV	1,630	3,2600	32,60 ± 1,80

Fonte: o próprio autor.

**Tabela 8** – Concentração e quantidade de cafeína contida em café-solúvel e nos extratos (café, chá e erva-mate) determinadas por UV-Vis.

Amostras	Concentração (mg mL <sup>-1</sup> )	Quantidade de cafeína (mg g <sup>-1</sup> )	Quantidade de cafeína (mg 100 g <sup>-1</sup> )
café-solúvel	0,0097	9,19	918,56
Chá-verde	0,0071	6,69	668,78
Chá-preto	0,0082	7,62	761,78
erva-mate	0,0050	4,52	451,79
Café verde	0,0094	8,73	872,55
Café amarelo	0,0093	8,97	896,52
Café vermelho	0,0094	9,06	905,86

Fonte: o próprio autor.

## 6.2 Comparação entre os métodos CCD x UV-Visível

A similaridade entre os métodos utilizados neste trabalho para determinação de cafeína em medicamentos e nos extratos foi constatada pela comparação entre a quantidade de cafeína encontrada utilizando CCD-Smartphone-ImageJ e a obtida na determinação espectrofotométrica por UV-Visível (Tabelas 9 e 10). Dessa forma, cromatografia em camada delgada associada ao uso de um smartphone e do programa de computador ImageJ é uma técnica simples, promissora e adequada para determinar cafeína em diferentes matrizes (medicamentos, café, chá e erva-mate) e que pode ser utilizada em aulas de química experimental no Ensino Médio.

**Tabela 9** – Quantidade de cafeína em medicamentos determinada por CCD x UV-Vis

Amostras	Placas de CCD		UV-Visível		
	Concentração de Cafeína (mg mL <sup>-1</sup> )	Massa de Cafeína Total (mg)	Concentração de Cafeína (mg mL <sup>-1</sup> )	Massa de Cafeína Total (mg)	Valor Esperado de Cafeína (mg)
Medicamento I	3,0901	30,90 ± 0,6	3,0906	30,91± 0,64	30,00
Medicamento II	5,0721	50,72 ± 0,5	5,0223	50,22 ± 0,16	50,00
Medicamento III	5,0350	50,35 ± 0,2	5,0190	50,19 ± 0,13	50,00
Medicamento IV	3,2703	32,70 ± 1,9	3,2600	32,60 ± 1,80	30,00

Fonte: o próprio autor.

**Tabela 10** – Quantidade de cafeína nos extratos determinada por CCD x UV-Vis

Amostras	Placas de CCD		UV-Visível	
	Concentração de Cafeína (mg g <sup>-1</sup> )	Concentração de Cafeína (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Concentração de Cafeína (mg mL <sup>-1</sup> )	Concentração de Cafeína (mg 100 g <sup>-1</sup> )
café-solúvel	9,20	920,47	9,19	918,56
Chá-verde	6,71	670,65	6,69	668,78
Chá-preto	7,74	763,92	7,72	761,78
erva-mate	4,54	453,98	4,52	451,79
Café verde	8,75	875,01	8,73	872,55
Café amarelo	9,00	900,04	8,97	896,52
Café vermelho	9,09	908,88	9,06	905,86

Fonte: o próprio autor.

Como se observa, os valores encontrados com o uso do programa ImageJ e as placas de CCD possuem um erro praticamente insignificante quando comparados com a técnica de espectrofotometria UV-Visível, tendo o desvio padrão variado de 0,2% (medicamento III) a 1,9% (medicamento IV). Quando comparados os valores encontrados com os valores de referência, obtidos nas bulas dos medicamentos, para as amostras I, II e III o resultado é bem interessante com um erro variando de 0,7% a 3,0%, dentro do limite de tolerância que é de 5%. Quando analisamos o medicamento IV, o erro encontrado é de 9,0% e um desvio padrão igual 1,9%. Assim, este erro pode estar relacionado a etapa de extração da cafeína para este medicamento e pode ser que tenha havido uma pequena contaminação ou alguma substância presente medicamento, diferente da cafeína, que não tenha sido eliminado totalmente durante a extração para esta amostra, visto que quando comparados com a técnica de UV o erro é de 0,31%. Outro fator que pode corroborar com estes valores encontrados é uma prática normal

nas indústrias de medicamentos de acrescentar uma quantidade maior do princípio ativo para garantir a quantidade mínima presente no medicamento.

Já os resultados apresentados na Tabela 10 são para os extratos de café, chá e erva-mate.

Na Tabela 10 pode-se observar a comparação dos resultados utilizando Cromatografia em Camada Delgada associado ao programa ImageJ e os resultados da leitura no espectrofotômetro UV-Visível. Os resultados da determinação de cafeína em extratos de café, chá, erva-mate e medicamentos nos dois métodos foram satisfatórios. O café-solúvel apresentou maior teor de cafeína nos resultados obtidos Placas em CCD e UV-Visível, já a erva-mate apresentou menor teor de cafeína. Os resultados do presente estudo corroboram com valores encontrados em outros estudos (NOGUEIRA; TRUGO, 2003; JUNIOR, 2006; BERTÉ et al., 2011). O alto teor de cafeína em café-solúvel também foi relatado no trabalho de NOGUEIRA; TRUGO (2003). Com relação a erva-mate, estudos relatam teores de cafeína que variam de 426-559 mg 100 g<sup>-1</sup> para a erva-mate verde (JUNIOR, 2006; BERTÉ et al., 2011).

Da Croce (2000), ao estudar características físico-químicas de amostras de erva-mate colhidas nos meses de setembro a dezembro, janeiro a março e junho a julho e em quatro grandes regiões de cultivo em Santa Catarina (Chapecó, Irani, Concórdia e Canoinhas), observou oscilação de 0,35 g 100 g<sup>-1</sup> a 1,0 g 100 g<sup>-1</sup> sobre o teor de cafeína em folhas de erva-mate, revelando diferença significativa de acordo com a época do ano.

Além de cafeína, na composição química da erva-mate podem ser encontrados açúcares, vitaminas, aminoácidos, compostos fenólicos e metilxantinas (0,7 a 2,3% de cafeína, 0,3% de teobromina e traços de teofilina) e saponinas triterpênicas (SIMÕES et al., 2017). No entanto, a cafeína e teobromina estão em maiores concentrações nas folhas.

A concentração de xantinas nas folhas da erva-mate pode ser influenciada pela época de colheita e processo de secagem. (SCHUBERT et al., 2006; DARTORA, 2010). O amargor da planta e a ação estimulante (MACCARI JUNIOR, 2005; MATEOS et al., 2017) estão atribuídas a cafeína. A ação farmacológica da cafeína é complexa e abrange vários órgãos, como: coração, cérebro, pulmão e estômago (TUNNER et al., 2009).

No estudo comparando o teor de cafeína em café e chá, as amostras de chá apresentaram menor teor (referencia). Em relação as amostras de café, outros estudos também encontraram maior teor de café no estágio de maturação vermelho, com variação 1.050 a 1.530 mg 100 g<sup>-1</sup> (DUARTE et al., 2010). Mazzafera et al. (1992) encontraram o teor de cafeína no valor de 700 a 1.700 mg de cafeína 100 g<sup>-1</sup>. O erro entre os métodos utilizados no presente estudo variou de 0,10% (café-solúvel) à 0,44% (erva-mate).

### 6.3 Aplicação do projeto como tema gerador no Ensino Médio

No mês de novembro de 2020 foi realizada uma aula experimental de química com as turmas de primeiro, de segundo e de terceiro ano de ensino médio da escola José Alencar Gomes da Silva com base neste trabalho.

Em virtude da pandemia COVID-19, a aula foi realizada de forma remota, ou em uma videoconferência através do aplicativo Google Meet. Esta aula foi realizada com soluções padrão de cafeína e amostras (medicamentos, chá, erva-mate e café) previamente preparadas, para que os alunos pudessem acompanhar o procedimento de construção da curva analítica e de determinação de cafeína nas amostras, respectivamente. Essa aula experimental demonstrativa facilitou a compreensão por parte dos alunos da importância da construção de uma curva analítica para obtenção de resultados mais exatos e precisos na determinação de compostos de interesse em amostras diversificadas, possibilitando a eles relacionar a área da mancha referente ao analito com sua concentração e, posteriormente, com a quantidade do analito presente na amostra analisada (massa).

Todas as etapas do processo de determinação da concentração e da quantidade de cafeína nas amostras foram realizadas pelo professor e os resultados obtidos foram apresentados aos alunos, tendo sido realizada uma roda de conversa na qual a quantidade de cafeína encontrada foi comparada à descrita na bula dos medicamentos e aos resultados obtidos usando a espectrofotometria no UV-Vis.

Tal experiência poderia ter sido mais enriquecedora, se os alunos tivessem condições de manusear o experimento, mas mesmo assim, foi possível observar uma interação maior por parte dos alunos, que se mostraram mais interessados em observar os aspectos envolvidos no experimento. Um aspecto bem curioso foi a percepção pelos alunos dos conceitos técnicos sobre o assunto em questão, estão relacionando, desta forma a teoria e prática caminham juntas sendo possível uma contextualizadas com materiais do dia a dia dos estudantes.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de análise de imagem automatizada gera resultados com grande rapidez e precisão, sem interferência do operador.

A metodologia proposta permitiu importantes avanços na aplicação do programa livre ImageJ em análise e quantificação de cafeína em medicamentos, chá, erva-mate e café. Os resultados mostraram que o método é uma alternativa eficaz e econômica à análise e quantificação de cafeína nas referidas amostras. O método é simples com possibilidade de ser aplicado no laboratório da escola de ensino médio.

O procedimento experimental foi apresentado em vídeoaula despertando o interesse dos alunos pelo método inovador bem como pelos conceitos de química abordados.

O desenvolvimento de novos métodos de análise de compostos orgânicos possibilita o uso do programa livre ImageJ, por diversos profissionais e segmentos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGATONOVIC-KUSTRIN, S.; MORTON, D. W.; YUSOF, A. P. Development and validation of a simple high performance thin layer chromatography method combined with direct 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl assay to quantify free radical scavenging activity in wine. **Food Chemistry**, v. 197, p. 285-290, 2016.

ANISZEWSKI, T. **Alkaloids: secrets of life**. Alkaloid chemistry, biological, significance, applications and ecological role. Oxford: Elsevier; 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Anvisa). **Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos**. Resolução-RE nº 899, de 29 de maio de 2003. 15 p.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), **Official and tentative methods of analysis**. 6. ed. Pennsylvania, 1945.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **A educação na sociedade dos meios virtuais**. Santa Catarina, 2009. Disponível em: <if.ufrgs.br>. Acesso em: 10 mai. 2020.

ARAÚJO, M. L. B.; RODRIGUES, A. R. S.; SOBREIRA, A. C. M.; SERAFIM, V S.; MARTINS, M. M. M. C. Desenvolvimento da Educação à luz das LDB, PNE e BNCC. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 2016, Natal. **Anais...** III Conedu, 2016. Vol. 1.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick et al. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BERNATH, U.; VIDAL, M. The theories and the theorists: why theory is important for research, with Boerje Holmberg, Michael Graham Moore, Otto Peters. **Distances et Savoirs**, v. 5, n. 3, p. 427-458, 2007.

BERTÉ, K. A. S.; BEUX, R, M; SPADA, P, K, W, D, S; SALVADOR, M; RIBANI, R, H. **Composição química e atividade antioxidante de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St-Hil., Aquifoliaceae) extração obtidos por secagem por aspersão**. Departamento de Tecnologia de Alimentos - PPGTA e Departamento de Patologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2009.

BORTOLINI, K. S. Determinação do teor da cafeína em bebidas estimulantes. **Revista Saúde**, v. 4, p. 25-26, 2010.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Ensino médio**. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. LDB – **Lei nº 9.394/96**, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional**. Brasília, DF: MEC, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em: 20 abril 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 5.692**, de 11 de agosto de 1971. **Fixa diretrizes para o 1º e 2º graus, e dá outras providências**. Brasília: Distrito Federal, 1971.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília: Presidência da República, 1999b.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018a. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRENELLI, E. C. S. A Extração de cafeína em Bebidas Estimulantes – Uma nova abordagem para um experimento clássico em química orgânica. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 136-138, 2003.

BRUNETON, J. **Farmacognosia, fitoquímica, plantas medicinales**. Zaragoza: Acribia, 2001.

CARVALHO, A. (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage, 2014.

CERQUEIRA, A. G. C.; CERQUEIRA, A. C.; SOUZA, T. C. ; MENDES, P. A. A trajetória da LDB: um olhar crítico frente à realidade brasileira. Ciclo de Estudos Históricos da Universidade Estadual de Santa Cruz, 2009.

CHASSOT, A. **Educação conSciência**. 2. ed. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2007.

COLLINS. ImageJ for microscopy. **BioTechniques**, v. 43, p. 25-30, July 2020. PMID 17936939. (Suppl. 1). doi:10.2144/000112517. publicação de acesso livre - leitura gratuita.

CORDELL, G. A.; QUINN-BEATTIE, M. L.; FARNSWORTH, N. R. The potential of alkaloids in drug discovery. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 3, p. 83-205, 2001.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objetivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 46, n. 5, p. 1-8, 2008.

CUNHA, S. A. R.; SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; RODRIGUES, H.R.; CORRÊA, T. B. S.; Detecção de fraudes em café torrado e moído por análise de imagem. In: ANAIS DO CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa, 2000.

D'AMBRÓSIO, U. Novos paradigmas de atuação e formação de docente. In: PORTO, Tânia (Org.). **Redes em construção: meios de comunicação e práticas educativas**. São Paulo: JM, 2003. p. 55-77.

CROCE, D. M. Características físico-químicas de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) no estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 12, p. 107-113, 2002.

DARTORA, N. **Avaliação dos polissacarídeos e metabolitos secundários das folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em diferentes estados fisiológicos e de processamento**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DEMO, P. **Praticar ciência: metodologias do conhecimento científico**. São Paulo: Saraiva, 2011.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. **Food Chemistry**, v. 118, p. 851-855, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.05.042.

EVANS, W. C. **Trease and evans pharmacognosy**. London: W.B. Saunders, 2009.

FERIGOLO, M.; SIGNOR e CRESTANI. **Cafeína 2007** - parte 1. Estado do São Paulo. Disponível em: <<http://vivavoz.ufcsa.edu.br/pdfs/Cafeina.pdf.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FREDHOLM, B. B. Notes on the history of caffeine use. In: FREDHOLM, B. B. (Ed.). **Methylxanthines: handbook of experimental pharmacology 200**. New York: Springer; 2011. p. 1-9.

GIBBONS, S. An introduction to planar chromatography. In: SARKER, S. D.; LATIF, Z.; GRAY, A. I. (Ed.). **Natural products isolation**. 2. ed. Totowa, New Jersey: Humana Press Inc., 2006. p. 77-177.

GODINHO, M. S.; PEREIRA, R. O.; RIBEIRO, K. O.; SCHIMIDT, F.; OLIVEIRA, A. E.; OLIVEIRA, S. B.; Classificação de refrigerantes através de análise de imagens e análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1485-1489, 2008.

GOMES, M. S.; TREVIZAN, L. C.; NÓBREGA, J. A.; KAMOGAWA, M. Y. Uso de scanner em espectrofotometria de absorção molecular: aplicação em experimento didático enfocando a determinação de ácido ascórbico. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1577-1581, 2008.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens**. 3. ed. [S.l.]: Pearson, 2009.

GOTTARDI, M. L. A autonomia na aprendizagem em educação a distância: competência a ser desenvolvida pelo aluno. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 14, p. 109-124, 2015.

HO, SHUK C.; CHUNG, JOANNE, W. Y. The effects of caffeine abstinence on sleep: A pilot study. **Applied Nursing Research**, v. 26 p. 80-84, 2013.

HOSU, A.; DANCIU, V.; CIMPOIU, C. Validated HPTLC fingerprinting and antioxidant activity evaluation of twenty-seven Romanian red wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 174-180, 2015.

JULIÃO, L. S.; TAVARES, E. S.; LAGE, C. L. S.; LEITÃO, S. G. Cromatografia em camada fina de extratos de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. (erva-cidreira). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, p. 36-38, 2003. (Suppl. 1).

JUNIOR, E. L. C. **Teores de metilxantinas e compostos fenólicos em extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

KEHOE, E.; PENN, R. L. Introducing Colorimetric Analysis with Camera Phones and Digital Cameras: An Activity for High School or General Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 9, p. 1191-1195, 2013.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KREUTZER, K.; BASSLER, D. Caffeine for apnea of prematurity: a neonatal success story. **Neonatology**, v. 105, n. 4, p. 332-336, 2014

LEBOT, V.; LEGENDRE, L. Comparison of kava (*Piper methysticum* Forst.) varieties by UV absorbance of acetonic extracts and high-performance thin layer chromatography. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 48, p. 25-33, 2016.

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 140, p. 71-79, 2013.

LOCATELLI, S. W.; ARROIO, A. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro – repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinário, p. 4239-4244, 2017.

MACCARI JUNIOR, A. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MÄDER, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 140, p. 71-79, 2013.

MAGALHÃES JUNIOR, C. A. O.; PIETROCOLA, M.; ORTÊNCIO FILHO, H. História e características da disciplina de ciências no currículo das escolas brasileiras. **EDUCERE – Revista da Educação, Umuarama**, v. 11, n. 2, p. 197-224, 2011.

MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. Um retrato do Ensino de Química nas escolas de Ilheus e Itabuna. In: (ENEQ), 15., Curitiba, 2008. **Anais...** Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0400-2.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F.A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p 99-105, 2007.

MATHEWS, K. R.; LANDMARK, J. D.; STICKLE, D. F. J. Quantitative assay for starch by colorimetry using a desktop scanner. **Journal of Chemical Education**, v. 81, p. 702-704, 2004.

MAZUR, L. **Aplicação de metodologia NIR para determinação de metilxantinas presentes na erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A.; FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P. Variabilidade do teor de cafeína em sementes de café. **Turrialba**, v. 42, p. 231-237, 1992.

MEINHART, A. D.; BIZZOTTO, C. S.; BALLUS, C. A.; PRADO, M. A.; BRUNS, R. E.; TEIXEIRA FILHO, J.; GODOY, H. T. Optimisation of a CE method for caffeine analysis in decaffeinated coffee. **Food Chemistry**, v. 120, n. 4, p. 1155-1161, 2010.

MENEGOLLA, M.; SANT'ANNA, I. M. **Por que planejar, como planejar?** Currículo-área-aula. 22. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

MORIN, E. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L.C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

PATAY, E. B.; BENCSIK, T.; PAPP, N. Phytochemical overview and medicinal importance of *Coffea* species from the past until now. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 9, n. 12, p. 1127-1135, 2016.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1976.

PIAGET, J. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978.

POPPOLINO, G. C. **Utilizando a abordagem histórica com experimentação para trabalhar conceitos de química no Ensino Médio**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, 2013.

QUEIROZ, M. N. A.; HOUSOME, Y. As disciplinas científicas do ensino básico na legislação educacional brasileira nos anos de 1960 e 1970. **Pesquisa e Educação em Ciências**, v. 20, v. e9723, p. 1-25, 2018.

RASBAND, W. S. **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997-2014. Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. Sensor sonar de movimento para ensino de física experimental. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, p. 306-315, 2010.

SARTORI, P. H. S.; LORETO, L. S. Medidor de fluorescência caseiro. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 2, p. 150-154, 2009.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SCHARDT, D. Caffeine - The Good, the Bad, and the Maybe. **Nutrition Action**, v. 3, p. 3-7, 2008.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Natural Methods**, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012. PMID 22930834. doi:10.1038/nmeth2089.

SCHUBERT, A.; ZANIN, F. F.; PEREIRA, D. F.; ATHAYDE, M. L. Annual variations of methylxanthines in *Ilex paraguariensis* A. St. Hil (Mate) samples in Ijuí and Santa Maria, State of Rio Grande Do Sul. **Química Nova**, v. 29, p.1233-1236, 2006.

SERAFIM, M. L.; SOUSA, R. P. **Multimídia na educação**: o vídeo digital integrado ao contexto escolar. In: SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (Org.). 2011.

SHARMA, N.; SHARMA, U. K.; GUPTA, A. P.; SINHA, A. K. Simultaneous determination of epicatechin, syringic acid, quercetin-3-O-galactoside and quercitrin in the leaves of *Rhododendron* species by using a validated HPTLC method. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 214-219, 2010.

SHERMA, J.; FRIED, B. **Handbook of thin-layer chromatography**. New York: Marcel Dekker, Inc, 2003. 1.048 p.

SHRINER, R. L.; HERMANN, C. K. F.; MORRIL, T. C.; CURTOM, D. Y.; FUSON, R. C. **The systematic identification of organic compounds**. 8. ed. Danvers: Wiley, 2004.

SILVA, T. C. O.; OLIVEIRA, A, E.; Análise de imagens para classificação de amostras de cervejas através de Análise de Componentes Principais (ACP). In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 3., 2006, Goiânia. Anais eletrônicos do III Seminário de Pós-Graduação da UFG[CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda., 2017.

SOARES, A. I. S. M.; FONSECA, B. M. R. **Cafeína**. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, p. 55. 2005.

SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. I Encontro de Pesquisa em Educação. **Arquivo Mudi**, v. 11 (Supl. 2), p. 10-14, 2007

TURNER, S.; MANUELE, M. G.; DAVICINO, R.; FERRARO, G.; FILIP, R. **Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros**. Santa Maria: Especial Maia, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117013046>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

VERNA, R. The history and science of chocolate. **Malaysian Journal of Pathology**, v. 35, p. 111-121, 2013.

VYGOTSKY. L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991b.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e Linguagem**, SP: Martins Fontes (tradução da versão resumida norte-americana), (1987).

VYGOTSKY, L. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**, São Paulo: Ícone/EDUSP al. (1988).

WARTHA, E. J.; MOTA, R. J.; GUZZI FILHO, N. J. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, v. 23, p. 55-61, 2012.

WELTER, S. Q. **Extração e quantificação de cafeína em energéticos através de cromatografia líquida de alta eficiência e espectrofotometria**. 2011. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Química – UTFPR/Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Pato Branco, 2011.

WINK, M. A short history of alkaloids. In: ROBERTS, M. F.; WINK, M. (Ed.). **Alkaloids: biochemistry, ecology and medicinal applications**. New York: Plenum; 1998.

WOJNAR, W. **Image analysis: Application in materials engineering**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

## APÊNDICES:

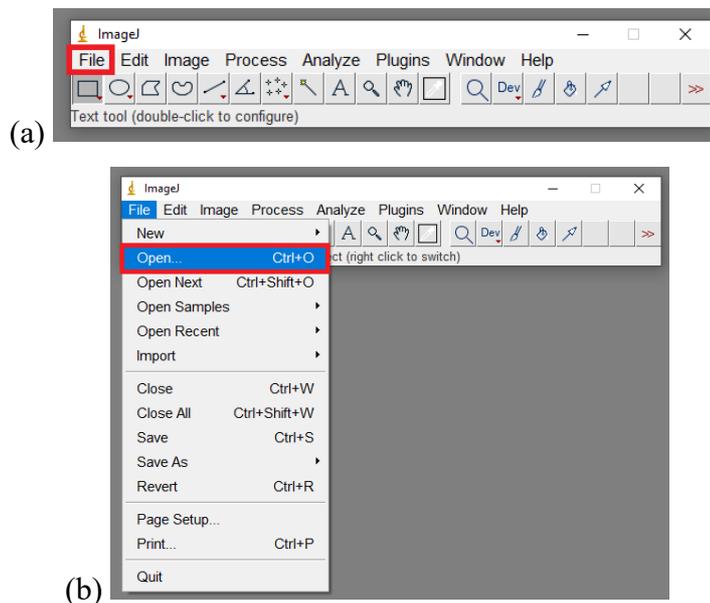
Nestes apêndices estão relatados os cinco produtos advindos deste trabalho.

### APÊNDICE A – GUIA DE USO DO PROGRAMA ImageJ

O uso do programa para computador ImageJ teve com finalidade a determinação da área das manchas previamente registradas, por meio de fotos usando smartphone, nas placas de CCD reveladas com uma lâmpada de UV. Primeiramente, foi feito o download do programa, disponível gratuitamente na página <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>

O Programa foi executado em sua pasta, clicando no ícone com imagem de microscópio. Clicando na opção **File**, uma janela foi aberta e a opção **Open** foi selecionada, conforme Figura 1A.

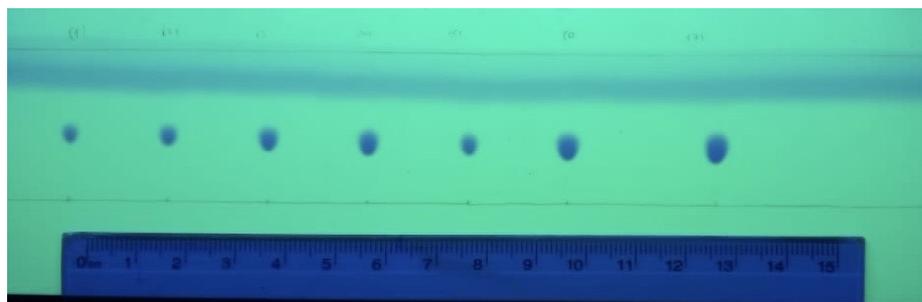
**Figura 1A** – Tela File (a) e Open (b).



Fonte: o próprio autor.

Após esta etapa, uma nova janela foi aberta e a foto de interesse foi selecionada para edição (Figura 2A).

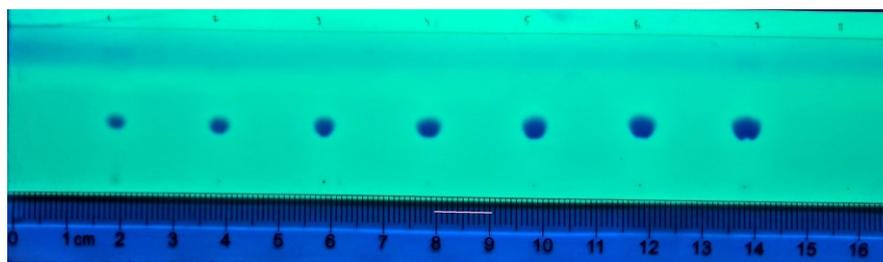
**Figura 2A** – Placa de CCD de amostras de cafeína após eluição e revelação.



Fonte: o próprio autor.

Uma régua também foi adicionada à imagem, com o objetivo de determinar a escala, clicando no ícone da ferramenta linha, na tela inicial do programa e, com o auxílio da régua que aparecerá na foto, é possível marcar e configurar a escala. Neste trabalho foi utilizado 1 cm (Figura 3A).

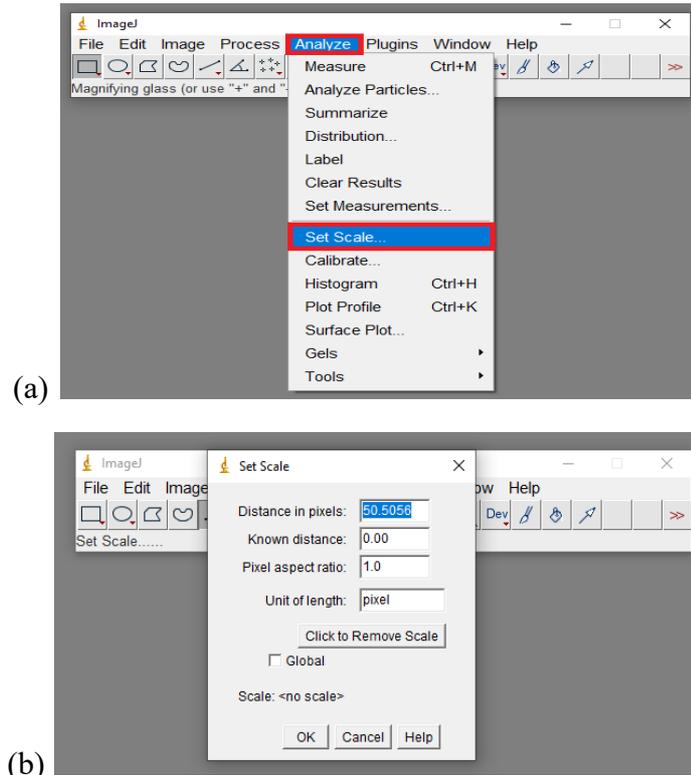
**Figura 3A** – Determinação da escala.



Fonte: o próprio autor.

Para isso a opção **Analyze (a)** foi selecionada no menu principal, seguida pela seleção de **Set Scale (b)**. Na nova aba foi selecionada a opção **Known distance (b)**, onde foi inserido o número 1 e, na opção **Unit of length (b)** foi definida a unidade de medida em cm. Ao final do procedimento, foi selecionado o comando **OK**. Após esta etapa, o programa retorna à tela inicial (Figura 4A).

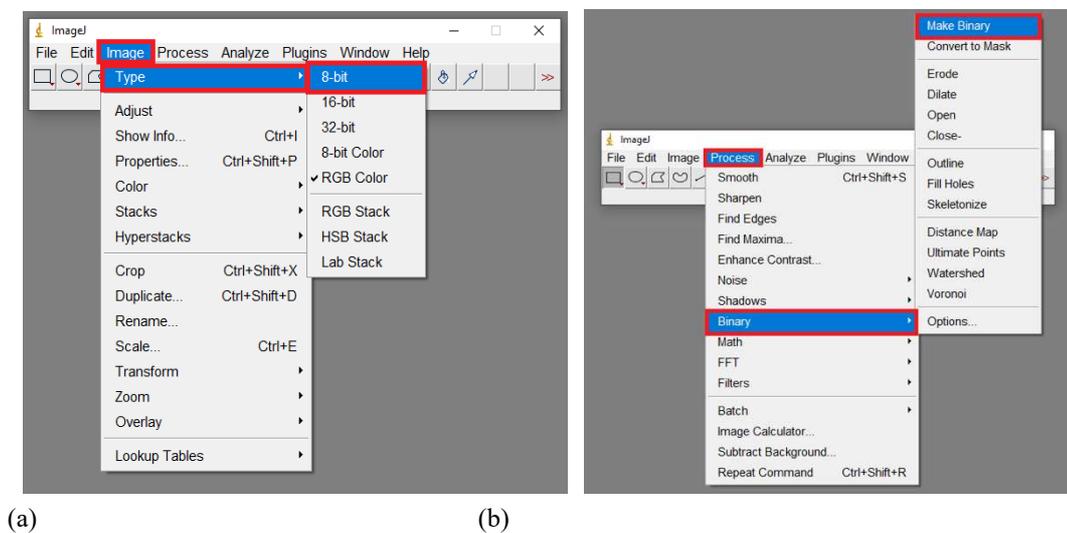
**Figura 4A –** Processo de tratamento da imagem I.



Fonte: o próprio autor.

O próximo passo foi clicar na opção **Image**, localizada na tela inicial, e em seguida em **Type** e **8-bit** (a). A seguir foram seleccionadas as opções **Process** (b), na barra da tela inicial, **Binary** (b) e **Make Binary** (b) (Figura 5A).

**Figura 5A –** Processo de tratamento da imagem II.



Fonte: o próprio autor.

O resultado do processamento de imagens usando o programa ImageJ é apresentado na Figura 6A.

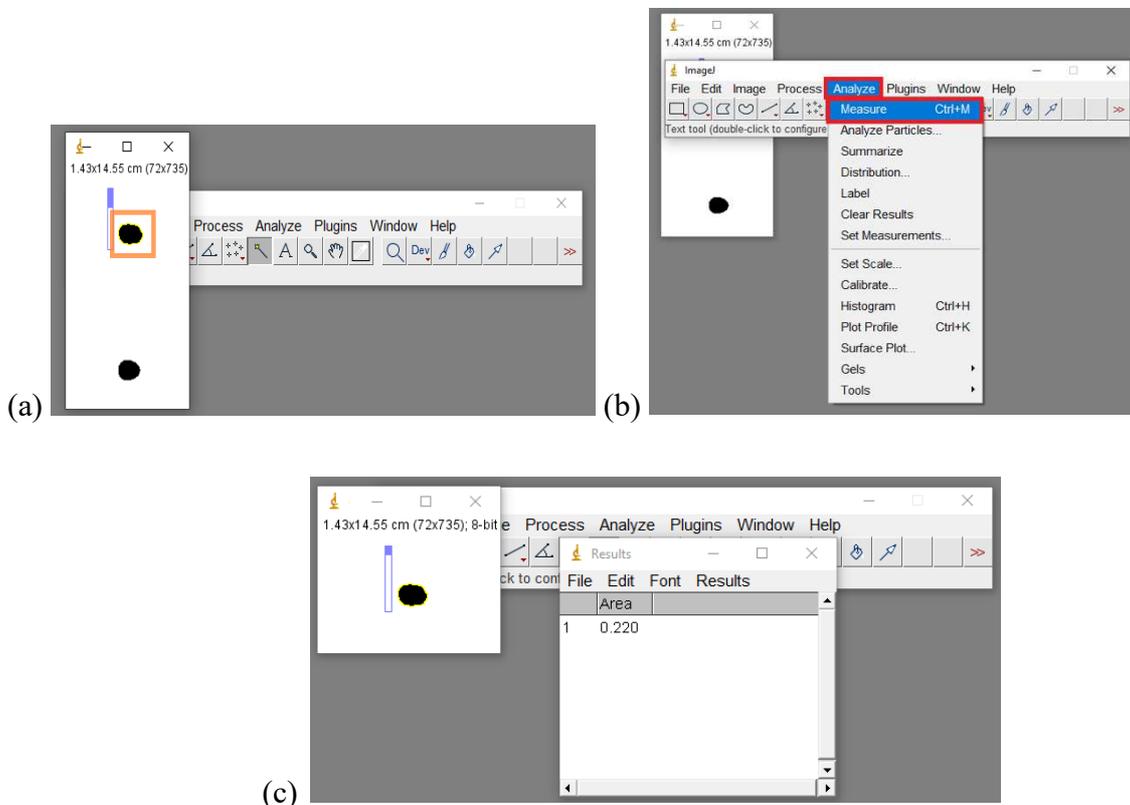
**Figura 6A** – Imagem da CCD tratada com o programa.



Fonte: o próprio autor.

Para determinar a área das manchas, deve selecionar na barra principal o comando similar a uma barra (a), e em seguida os comandos **Analyze** e **Mesure**(b) e uma nova janela chamada **Results** (c) irá aparecer (Figura 7A). O mesmo procedimento de seleção deve ser usado para as demais manchas.

**Figura 7A** – Determinação da área da mancha.



Fonte: o próprio autor.

## **APÊNDICE B – ROTEIRO DA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA NOS MEDICAMENTOS, NAS BEBIDAS E NOS CHÁS**

### **MEDICAMENTOS**

#### **1 - Objetivo:**

Realizar extração da cafeína e quantificar este composto em amostras de medicamentos.

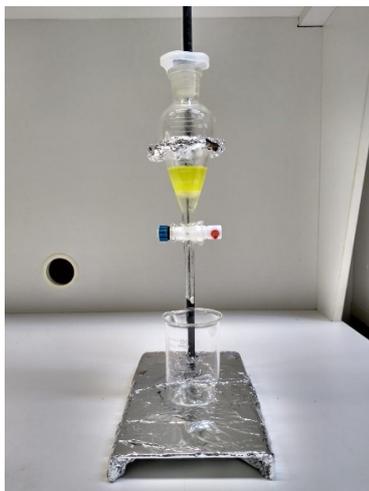
#### **2 – Materiais e reagentes.**

- Comprimidos que possuam cafeína;
- Água destilada;
- Diclorometano;
- Gral com pistilo;
- Balão volumétrico;
- Funil de separação.

#### **3 – Procedimento.**

- a. Pesar os comprimidos e triturar com auxílio de gral e pistilo e solubilizar em 10 mL de água destilada.
- b. Transferir a solução resultante para um funil de separação, acrescentar 4 mL de diclorometano agitar e deixar em repouso.
- c. Recolher a fase orgânica e transferir para um balão volumétrico de 10 mL.
- d. Acrescentar à fase aquosa que sobrou no balão de separação, mais 3 mL de diclorometano agitar e deixar em repouso. Após o repouso recolher a fase orgânica e transferir para o mesmo balão volumétrico de 10 mL.
- e. Realizar o mesmo procedimento do item d.
- f. O volume do balão volumétrico de 10 ml com a solução de cafeína teve seu volume ajustado com diclorometano.

**Figura 1B** – Extração de cafeína em medicamentos.



Fonte: o próprio autor.

## **BEBIDAS**

### **1 - Objetivo:**

Realizar extração da cafeína em amostras naturais de café, erva-mate e chás.

### **2 – Materiais e reagentes.**

- Amostras de café, erva-mate e chás;
- Balança analítica;
- Béquer de 250 mL;
- Carbonato de sódio;
- Sulfato de magnésio;
- Água destilada;
- Diclorometano;
- Funil de separação.

### **3 – Procedimento.**

- a) Pesar 10 g das amostras de café, erva-mate ou chá e transferir para um béquer de 250 mL.
- b) Adicionar 4,8 g de carbonato de sódio e 100 mL de água destilada.
- c) Aquecer a ebulição, com agitação por 15 minutos.
- d) Resfriar a mistura até cerca de 55 °C e filtrar a vácuo.
- e) Resfriar o filtrado a 15-20°C, adicionar gelo picado.

- f) Transferir a mistura para um funil de separação de 125 mL e extrair o produto 20 mL de diclorometano. Realizar o procedimento em triplicas.
- g) Reunir os extratos orgânicos e lavar com 20 ml de água destilada.
- h) Coloque o extrato orgânico em um Erlemeyer de 125 ml e deixe-o em contato com sulfato de magnésio por 10 minutos e filtrar.
- i) coloque o extrato orgânico em um Erlemeyer de 125 ml e deixe-o em contato com sulfato de magnésio por 10 minutos e filtrar.

**Figura 3B** – Extração de cafeína de café, chá e erva-mate.



Fonte: o próprio autor.

## FASE MÓVEL

### 1 - Objetivo:

Determinar a fase móvel que melhor separa a cafeína nas amostras.

### 2 – Materiais e reagentes.

- Acetato de etila;
- Metanol;
- Hidróxido de amônio.

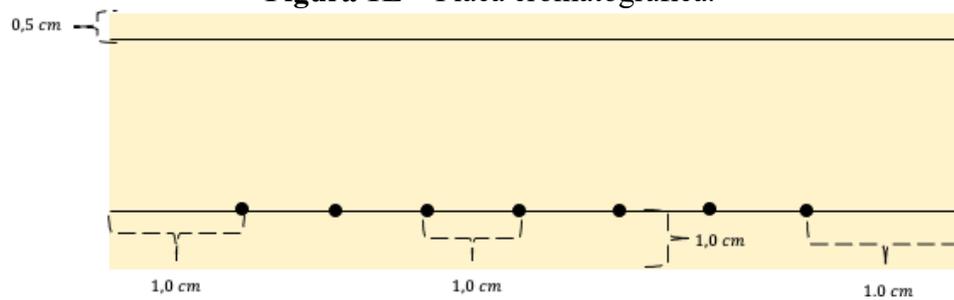
### 3 – Procedimento.

Preparar 70 mL de fase móvel, empregando 59,5 mL de acetato de etila, 7,0 mL de metanol e 3,5 mL de hidróxido de amônia. Colocar papel de filtro picado no interior da cuba. Realizar a mistura em um frasco e depois despejá-la na cuba e tampar o recipiente.

## PLACA CROMATOGRÁFICA

Uma placa CCM ALUGRAM Xtra SIL G/UV 254 recoberta com sílica-gel e com dimensões de 20 cm x 5 cm. Cada ponto de aplicação possuía uma distância de 1 cm do outro e todos estavam localizados a 1,5 cm de altura da base. A distância total percorrida pela fase móvel foi de 3 cm (Figura 1E). A aplicação foi realizada com uma Micro-seringa Hamilton.

**Figura 1E** – Placa cromatográfica.



Fonte: o próprio autor.

## APÊNDICE C – LINKS COM AS VIDEOAULAS

Este primeiro vídeo tem como objetivo demonstrar como foram realizadas as etapas experimentais com os discentes das Escolas: Escola Estadual Raul Soares e Escola José de Alencar Gomes da Silva – Escola Sesi - Ubá.

■ <https://www.youtube.com/watch?v=QgM3vkcC4I4>

Nesta videoaula o objetivo foi demonstrar as etapas realizadas nos laboratórios da Universidade Federal de Viçosa. Desde da extração da cafeína nas amostras até as análises do espectrofotômetro ultravioleta UV-Visível.

■ [https://www.youtube.com/watch?v=Hvtq\\_xZT\\_Fc](https://www.youtube.com/watch?v=Hvtq_xZT_Fc)

Esta videoaula teve como intuito a explanação para o entendimento dos alunos sobre a utilização do programa ImageJ<sup>®</sup> e sobre a importância da calibração para realização de determinação da cafeína presente nas amostras.

■ <https://www.youtube.com/watch?v=M-fEMYhs4PI>