

FRANCISCO ANESIO ROZA LEONARDO

SMARTPHONES NA ESCOLA: APLICATIVOS PARA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE GRAU BRIX E ANTOCIANINAS NO CAFÉ

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

2024

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

T

L581s
2024

Leonardo, Francisco Anésio Roza, 1983-
Smartphones em sala de aula: aplicativos para
aprendizagem de química e determinação de grau brix e
antocianinas no café / Francisco Anésio Roza Leonardo. –
Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (63 f.): il.

Inclui apêndices.
Orientador: Antônio Jacinto Demuner.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Química, 2024.
Referências bibliográficas: f. 51-57.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.252>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Química - Ensino via web. 2. Café - Composição -
Ensino via web. 3. Smartphones. I. Demuner, Antônio Jacinto,
1954-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Química. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede
Nacional. III. Título.

CDD 22. ed. 540.7

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523

FRANCISCO ANESIO ROZA LEONARDO

SMARTPHONES NA ESCOLA: APLICATIVOS PARA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE GRAU BRIX E ANTOCIANINAS NO CAFÉ

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

APROVADO: 29 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO ANESIO ROZA LEONARDO
Data: 24/07/2024 13:03:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco Anésio Roza Leonardo
Autor

Documento assinado digitalmente
 ANTONIO JACINTO DEMUNER
Data: 24/07/2024 14:04:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Antonio Jacinto Demuner
Orientador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pela saúde e capacidade de trabalhar de forma que eu pudesse almejar meus objetivos, por me proteger nas estradas no período em que cursava o PROFQUI, por me trazer paz para que eu realizasse as minhas tarefas como professor de forma mais tranquila e objetiva.

A minha mãe Conceição e a minha irmã Mariana por sempre me apoiarem nos momentos mais difíceis, sempre me motivando durante o mestrado, com todo amor e carinho. Pelas mensagens de afeto, de incentivo, acreditando no meu potencial e nunca deixando que eu desistisse dos meus sonhos.

Ao professor Antonio Jacinto Demuner, que me orientou neste projeto de forma esplêndida, utilizando de sua sabedoria e seus conhecimentos para que eu sempre estivesse focado nos meus objetivos. Obrigado pela paciência em me ensinar, pelo tempo disponibilizado para realização das práticas no laboratório do departamento de química da UFV, por sempre me cobrar melhores resultados, depositando em mim sua confiança e agregando conhecimento ao meu projeto.

A Daiane Einhardt Blank, por me auxiliar nas práticas no laboratório de Química, por estar sempre me ajudando na realização do projeto, pelo incentivo, dedicação e apoio na construção do meu projeto e pelo conhecimento agregado no meu produto educacional.

Aos professores e coordenadores do PROFQUI pelas excelentes aulas, por nos ajudar no processo de formação educacional, pela confiança depositada em nós e pelo amor no ensino da Química neste período de curso.

Aos meus alunos, que abraçaram o projeto e me ajudaram a me tornar um profissional melhor, pela dedicação e disciplina nas aulas ministradas e por todos os momentos bons que passamos na realização deste projeto.

E por fim, aos professores e diretores das escolas que leciono, por sempre me apoiarem e incentivarem durante o mestrado, pela motivação, pelo carinho e por possibilitar momentos de prazer no trabalho, tornando o ambiente de trabalho mais alegre.

“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos”.

(Albert Einstein)

RESUMO

LEONARDO, Francisco Anésio Roza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Smartphones na escola: aplicativos para aprendizagem de química e determinação de grau brix e antocianinas no café.** Orientador: Antonio Jacinto Demuner. Coorientador: Marcelo Henrique dos Santos.

O café é umas das bebidas mais consumidas no mundo. Em sua composição química estão presentes compostos aromáticos que além de conferir pigmentação aos frutos de café, também são responsáveis por atividades biológicas, como a manutenção da memória. Alguns métodos são descritos na literatura para determinar as atividades biológicas dos compostos aromáticos presentes no café. No entanto, devido ao alto custo de equipamentos e dos reagentes necessários para a realização destas práticas, fica inviável a demonstração dos procedimentos citados nas escolas públicas para que haja uma relação do conteúdo com o ensino do Química. Portanto, é necessário pensar em alternativas tecnológicas visando uma melhor aprendizagem do ensino da Química. O tema orientador deste projeto é “café” e antocianinas. O objetivo é trabalhar o tema gerador no conteúdo de Química Orgânica ao mesmo tempo realizando uma abordagem do conteúdo de Química ao mundo tecnológico. Para isto, serão realizadas práticas e utilização de recursos digitais disponíveis para determinação de antocianinas em amostras de cafés comuns e especiais produzidos na cidade de Espera Feliz- MG. Considerando que os alunos possuem recursos tecnológicos, como por exemplo smartphones, tablets e notebooks, para realização destes experimentos será utilizado o aplicativo de celulares PhotoMetrix, um espectrômetro de mão que realiza a determinação das substâncias através de imagens extraídas de amostras diluídas de cafés. Realizou-se também a Cromatografia de Camada Delgada (CDD) e extratos de amostras isolados de frutos de café. Por fim a utilização do programa de software IMAGE J, sendo utilizado na captura de imagens automatizadas e desta forma realizar calibrações através de gráficos desses compostos presentes nas amostras de cafés analisadas.

Palavras-chave: Café. Ensino da Química. ImageJ. Smartphone. CCD. PhotoMetrix®.

ABSTRACT

LEONARDO, Francisco Anésio Roza, M.Sc., Federal University of Viçosa, february 2024. **Smartphones at school: applications for learning chemistry and determining brix degree and anthocyanins in coffee.** Advisor: Antonio Jacinto Demuner. Co-Advisor: Marcelo Henrique dos Santos.

Coffee is one of the most consumed drinks in the world. Its chemical composition contains aromatic compounds that, in addition to giving pigmentation to coffee fruits, are also responsible for biological activities, such as maintaining good memory. Some methods are described in the literature to determine the biological activities of aromatic compounds present in coffee. However, due to the high cost of the equipment used and the reagents necessary to carry out these practices, it is unfeasible to demonstrate the procedures mentioned in public schools so that there is a relationship between the content and the teaching of Chemistry. Therefore, there is a requirement to seek other technological alternatives so that there is a more meaningful learning experience in the teaching of Chemistry. The guiding theme of this project is “coffee” and anthocyanins, compounds that give pigmentation to its fruits. The objective is to work on the generating theme in the Organic Chemistry content while at the same time approaching the Chemistry content to the technological world. To this end, practices and use of available digital resources will be carried out to determine anthocyanins in samples of common and specialty coffees produced in the city of Espera Feliz- MG. Considering that students have technological resources, such as smartphones, tablets and notebooks, the Phtometrix cell phone application will be used to carry out these experiments, a handheld spectrometer that determines substances through images extracted from diluted coffee samples. Another analysis to determine anthocyanins will be carried out in this project, such as Thin Layer Chromatography (CDD) and extracts from samples isolated from coffee fruits. Finally, the use of the IMAGE J software program is used to capture and form automated images and thus perform calibrations through graphs of these compounds present in the coffee samples analyzed.

Keywords: Coffee; teaching chemistry: ImageJ; Smartphone; TLC; PhotoMetrix.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da cafeína	16
Figura 2. Estrutura química dos diterpenos caveol e cafestol	16
Figura 3. Estrutura química do ácido clorogênico	17
Figura 4. Estrutura química da trigonelina.....	17
Figura 5. Estrutura química do cloreto de delfinidina	18
Figura 6. Refratômetro digital	20
Figura 7. Imagem dos aspectos de maturação das amostras de café	26
Figura 8. Refratômetro portátil.....	27
Figura 9. Refratômetro portátil e suas partes	27
Figura 10. Refratômetro e amostra de café vermelho	28
Figura 11. Colocando a amostra de café na cubeta do refratômetro	28
Figura 12. Escala grau Brix	28
Figura 13. Refratômetro de bancada.....	29
Figura 14. Tela do aplicativo durante o processo de aquisição das imagens digitais das amostras de café utilizando o aplicativo PhotoMetrixPRO e modelo de calibração PLS	30
Figura 15. Padrão e extrato de antocianinas.....	31
Figura 16. Placa de CCD com amostra em triplicata antes da eluição.....	32
Figura 17. Placa de CCD na eluição	32
Figura 18. ImageJ: Tela File (a) e Open (b)...	33
Figura 19. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas.....	33
Figura 20. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas antes da eluição na cuba cromatográfica.....	34
Figura 21. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas após a eluição	34

Figura 22. Determinação da escala do resultado da CDD utilizando lâmpada de luz ultravioleta ($\lambda = 254 \text{ nm}$).....	34
Figura 23. Processo de Tratamento da ImageJ	35
Figura 24. Tratamento da imagem II do programa de software ImageJ	35
Figura 25. Determinação da área da mancha do ImageJ	36
Figura 26. Curva de calibração multivariada utilizando o PhotoMetrix	42
Figura 27. Curva de calibração da cianidina-3-glicosídeo no aplicativo	43
Figura 28. Curva de calibração da cianidina-3-glicosídeo no UV-Visível	44
Figura 29. Curva de calibração elaborada a partir dos resultados do ImageJ	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Divisão do Momento Pedagógico	37
Tabela 2. Correlação do café com a disciplina de química pelos alunos.....	38
Tabela 3. Grau Brix no refratômetro portátil, no refratômetro de bancada e no PhotoMetrixPRO	41
Tabela 4. Concentração do padrão Cianidina-3-glicosídeo e valores das cores	44
Tabela 5. Valores de RGB para amostras na determinação de antocianinas.....	45
Tabela 6. Teor de antocianinas totais analisadas pelo PhotoMetrix® e espectrofotômetro ...	46
Figura 7. Comparação do teor de antocianinas no aplicativo e no espectrofotômetro e no UV-visível	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Café e sua composição química	15
3.2 Antocianinas	17
3.3 Métodos convencionais para determinação de antocianinas	18
3.4 Grau Brix	19
3.5 Cromatografia de camada delgada (CCD)	21
3.6. Uso de imagens digitais na determinação química	22
3.7 PhotoMetrix®	22
3.8 ImageJ.....	23
3.9 Uso de smartphone na sala de aula e relação da temática café com química	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1 Coletas e seleção das amostras	26
4.2 Materiais, métodos e coleta de dados.....	26
4.3 Determinação de antocianinas totais	30
4.4 Determinação de antocianinas usando ImageJ.....	31
4.5 Guia de uso do programa ImageJ	33
4.6 Aplicação da temática café e smartphone nas aulas de química	36
4.7 Momento pedagógico	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1 Teores de sólidos totais dissolvidos (STD) Grau BRIX	40
5.2 Determinação de antocianinas totais	43
5.3 Resultado ImageJ	46

5.4 Aplicação do projeto como tema gerador no ensino médio.....	48
6 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE	58

INTRODUÇÃO

Espera Feliz é um município com aproximadamente 24 mil habitantes, localizado na Serra do Caparaó, numa região cafeeira conhecida como Matas de Minas. E é justamente por conta do café que a cidade vem ganhando notoriedade, pois o município se transformou em referência na produção de cafés especiais, vencedores de Concursos de Qualidade dos Cafés de Minas Gerais.

Conforme a Agência Minas (2020), atualmente, mais de cem cafeicultores de Espera Feliz produzem grãos especiais. A agricultura familiar é predominante no município, já que 80% das propriedades são inferiores a 20 hectares e a maioria usa a mão de obra da família como única força de trabalho na lavoura.

Considerado por Gatto (2020) como a segunda bebida mais consumida no mundo, o café, além de ser muito apreciado também é composto por uma variedade de substâncias responsáveis por reações maléficas e benéficas ao nosso organismo. Assim sendo, torna-se essencial a dosagem da quantidade de café consumida diariamente. Segundo Lima (2007), o consumo adequado do café pode ser um ótimo aliado para a saúde, contribuindo para produção de antioxidantes. Em contrapartida, o consumo excessivo no decorrer do dia pode levar a doenças graves como a hipertensão arterial.

Lima *et al.* (2010) associam o fato do café ser uma bebida tão popular, aliado à sua importância econômica, explicando o interesse por estudos sobre essa bebida, desde a sua composição química até seus efeitos na saúde humana. Dentre as diversas substâncias presentes nesta composição, além dos nutrientes, destacam-se a cafeína, os diterpenos cafestol e kaveol e os ácidos clorogênicos, o que torna o café um importante fonte dietética destes compostos. Com relação as substâncias antioxidantes, destaca-se a título de importância para esse estudo, a presença de antocianinas.

As antocianinas, conforme Castañeda (2009), são compostos químicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, grupo de pigmentos naturais amplamente distribuídos no reino vegetal, responsável pela pigmentação do café.

O questionamento central desta pesquisa foi: Como utilizar recursos tecnológicos para favorecer a aprendizagem do ensino da Química Orgânica na temática Café.

Considerando a proposta de uma melhor aprendizagem no ensino da Química Orgânica, esta dissertação teve como objetivo analisar a concentração de antocianinas presentes nos cafés comuns e especiais, provenientes de Espera Feliz-MG, a partir do uso de aplicativos de smartphone. De maneira específica, também tencionou: Contribuir para o aprendizado em Química Orgânica, a partir de novas metodologias para ministrar o conteúdo; avaliar a utilização de aplicativo educacional para determinação de antocianinas, e; avaliar a utilização de aplicativos de smartphones para o ensino de Química Orgânica.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental, com abordagem analítica quantiquantitativa. As amostras de café foram coletadas em Espera Feliz-MG e analisadas no laboratório do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o teor de antocianinas e grau brix do café utilizando métodos alternativos por captura de imagem obtida no aplicativo PhotoMetrix® e ImageJ

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Obter extratos de café;
- ✓ Comparar os resultados obtidos utilizando o aplicativo PhotoMetrix® e ImageJ aos obtidos usando o tradicional método de espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis);
- ✓ Relacionar a teoria à prática, permitindo a contextualização de conceitos químicos como extração e determinação antocianinas e metabolismo secundário das plantas, abordando os conceitos de forma interdisciplinar;
- ✓ Discutir em sala de aula sobre a importância do consumo de café para a saúde humana;
- ✓ Propor aos alunos um trabalho em grupo que os permita extrair e quantificar compostos antocianinas presentes em café, relacionando teoria e prática.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Café e sua composição química

Conforme El Halal (2008), o café é um produto nobre do agronegócio e da pauta de exportação do Brasil, ocupando lugar de destaque no desenvolvimento do país. O sabor e aroma de sua bebida conferem grande receptividade a este produto, cujo consumo se tornou um hábito mundial.

Segundo Paula (2019), a partir do fruto do cafeeiro, a bebida é elaborada de grãos de café torrado, ou café solúvel que são oriundos do café cru. Em condições climáticas favoráveis, o café se adaptou facilmente em solos brasileiros após ter chegado em meados de 1927.

O café é uma das matérias primas como maior importância no comércio internacional. Para Alves (2009), o café é igualmente uma das bebidas mais apreciadas no mundo, não só pelas suas características organolépticas, mas também pelo seu efeito estimulante. Dado o seu elevado e distribuído consumo, os potenciais efeitos na saúde causados por esta bebida suscitaram, desde de cedo, o interesse da comunidade científica.

Ainda segundo Alves (2009), a composição química do grão verde do café é bastante complexa. Durante o processo de torrefação, ocorre, ainda, diversas reações químicas, através das quais se degradam e/ou formam inúmeros compostos. Estima-se que o grão torrado do café possui mais de 2000 compostos químicos, alguns deles com atividades biológicas conhecidas.

Dentre as substâncias presentes na composição química do café, é encontrada a cafeína, representada na figura (1), essa substância pertence ao grupo dos alcaloides e é identificada como 1,3,7-trimetilxantina. A cafeína, ao ser ingerida, possui atividade biológica e farmacológica provocando alterações no sistema nervoso central, no sistema cardiovascular e na regulação de cálcio no organismo (MARIA e MOREIRA, 2007).

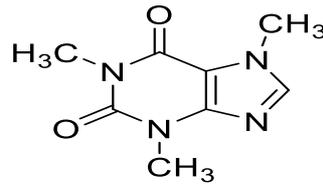


Figura 1. Estrutura química da cafeína

Fonte: O autor

Segundo Sandi (2003) o café verde possui quantidades significativas de substâncias insolúveis, como os diterpenos caveol e cafestol, responsáveis pela composição do óleo presente no café, sendo utilizados na indústria de cosmético. Ainda de acordo com Sandi (2003), isso se deve as suas propriedades amaciantes, emolientes e hidratantes, tornando um excelente bloqueador solar. A figura (2) mostra a fórmula estrutural do caveol e cafestol.

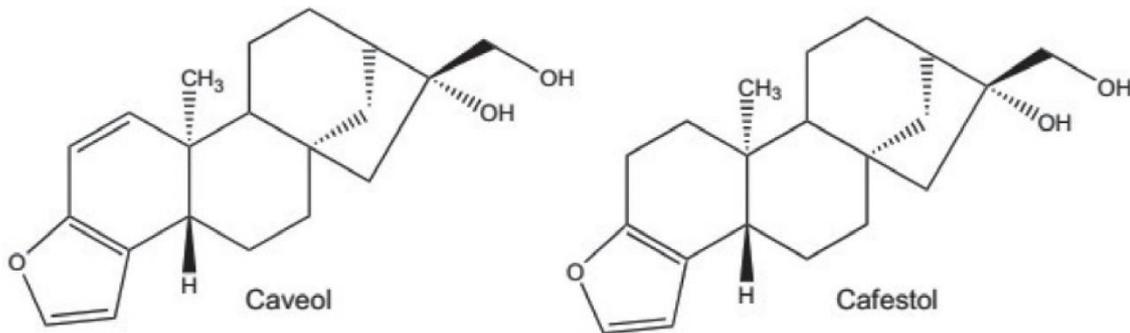


Figura 2. Estrutura química dos diterpenos caveol e cafestol

Fonte: O autor

Os ácidos clorogênicos, representados na figura (3), são substâncias de altíssima relevância presentes no café. Tais substâncias apresentam ações antioxidantes, além de atuar como antiviral, hepatoprotetora e anti-inflamatórias. Os ácidos clorogênicos são convertidos ambientalmente em produtos de interesse na indústria de cosméticos, de alimentos e farmacêutica (ULATE e RODRÍGUEZ, 2019).

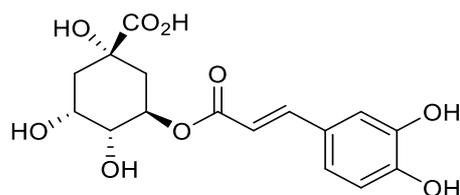


Figura 3. Estrutura química do ácido clorogênico

Fonte: O autor

De acordo com Nogueira e Trugo (2003), o café verde possui compostos como a trigonelina, representada como cloreto de trogonelina (Figura 4), que sofrem degradação térmica sendo convertida em compostos voláteis, importantes para o “flavor”, ou seja, responsáveis pelo aroma e sabor da bebida. Ainda em conformidade com Nogueira e Trugo (2003), essas características sensoriais são oriundas da trigonelina e de compostos fenólicos, provenientes dos ácidos clorogênicos e com importantes ações biológicas com antioxidantes.

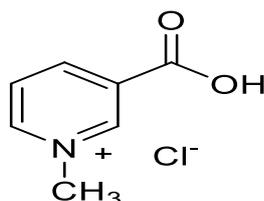


Figura 4. Estrutura química da trigonelina

Fonte: O autor

Dentre as substâncias presentes no café citadas anteriormente, destaca-se a presença das antocianinas, compostos fenólicos que agem como pigmentos naturais nos frutos.

3.2 Antocianinas

As antocianinas (Figura 5) são os mais conhecidos corantes naturais. Teixeira, Stringheta e Oliveira (2007) afirmam que estes compostos tem a finalidade de adicionar valores considerados a qualidade alimentar de vegetais ou alimentos industrializados, uma vez que esses alimentos podem conter esse tipo de pigmento de forma natural ou sendo adicionado artificialmente. Deste modo, torna-se importante avaliar as principais fontes destas substâncias, bem como identificar técnicas para determiná-las, ao mesmo tempo conhecer e automatizar a sua

funcionalidade com aditivo bioativo. A figura 5, mostra a fórmula estrutural de uma antocianina e as funções orgânicas presentes no composto.

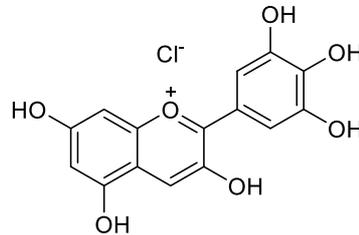


Figura 5. Estrutura química do Cloreto de delphinidina

Fonte: O autor.

De acordo com Lopes *et al.* (2007), as antocianinas desempenham funções variadas nas plantas: atuam com antioxidantes, exercem a função de proteção a ação da luz, além de fortalecer o mecanismo de defesa bem com a sua função biológica. Os mecanismos reprodutores das plantas, como por exemplo a polinização e a dispersão de sementes são auxiliados quando ocorrem na presença de antocianinas.

Tais substâncias são compostos naturais classificados como flavonoides, constituindo o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis existentes no reino vegetal. Para Freitas (2017), esses compostos estão presentes nos tecidos de plantas consideradas superiores, que vão desde às folhas, caules, raízes, flores até aos frutos. São eles os responsáveis pela composição de diversas cores naturais atraentes, como o escarlate e o azul.

Ainda segundo Freitas (2017), as antocianinas desempenham variadas funções no organismo das plantas, nomeadamente reprodutivas, que podem ser a atração de insetos polinizadores, a ação antioxidante, a fotoproteção, a defesa contra espécies predadoras, entre outras. Esses corantes naturais exercem um grande impacto sobre a coloração dos alimentos, servindo de parâmetro sensorial na aceitação desses alimentos por parte do consumidor.

3.3 Métodos convencionais para determinação de antocianinas

Segundo Souza (2013), as antocianinas foram utilizadas na produção de pigmentos em pó obtidos nos processos de vinificação da uva tinta realizada a partir

da secagem da fruta em spray dry, que consiste em utilizar o carreador malto dextrina. Uma vez realizado o processo, essas amostras passam por um processo de atomização, liofilização e estocagem. Esses experimentos resultariam na conservação de antocianinas e na cor, comprovando que essas amostras passando pelos processos citados anteriormente e na presença de um carreador proporcionavam uma proteção aos compostos analisados e sua cor.

Coutinho (2002) promoveu a extração e obtenção do corante antocianina na forma pó a partir do suco de repolho roxo, através da separação de açúcares presentes no suco e posteriormente encapsulando e realizando o processo de secagem. Após esse procedimento, utiliza-se duas resinas adsorventes responsáveis pela purificação parcial do suco e encapsulamento é realizado o teste de qualidade do pó por meio de processos de isoterma de sorção de umidade, tendo como resultado a qualidade do pó corante obtido.

Bobbio *et al.* (2000) utilizaram o método de congelamento e liofilização da polpa do fruto açaizeiro. Após o material ser liofilizado, foi extraído de forma exaustiva, na presença de uma solução de ácido clorídrico em etanol. Uma vez combinados, as amostras passaram por um processo de filtração e concentrados a pressão e temperaturas reduzidas. Uma vez obtido o extrato de antocianina, a amostra é armazenada na presença de nitrogênio e em baixas temperaturas.

3.4 Grau Brix

De acordo com Reis (2020), o café especial caracteriza-se por ser perceptível ao paladar uma doçura de origem natural. Tal doçura se constitui do próprio fruto do café, fazendo com a bebida ative sensações de extrema agradabilidade ao paladar. Entretanto, alcançar uma qualidade elevada no sabor final de cada xícara não se dá por processos comuns. Mensurar a quantidade certa de açúcares no café é um meio de determinar sua qualidade e orienta a cadeia produtiva a atingir a excelência dos cafés.

Sendo assim, segundo Almeida (2018), o grau brix é o que determina a quantidade de sólidos solúveis extraídos das frutas e de diversos produtos líquidos como o melado, o caldo de cana, o melaço etc. Como esses sólidos são representados por açúcares totais, é o grau *brix* o responsável pela estimativa de açúcares na bebida final.

O brixômetro ou refratômetro (Figura 6) é um instrumento ótico que mede o índice de refração de uma solução. De acordo com Araújo (2020), a luz, ao atravessar o líquido, sofre refração (mudança de ângulo). Essa mudança é medida pelo aparelho em grau *brix*. Que é uma determinação, de forma indireta, do teor de sólidos solúveis. Cerca de 85% da constituição dos sólidos solúveis são açúcares. Os brixômetros indicados para o café são analógicos, mais simples, baratos e/ou os brixômetros digitais. A figura 2 mostra um brixômetro digital utilizado para medir o teor de sólidos solúveis presentes em cafés.



Figura 6. Refratômetro digital.

Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52134769/artigo---o-ponto-ideal-de-colheita-do-cafe-vai-alem-da-cor>

Ainda segundo Araújo (2020), o uso de brix na cafeicultura ainda tem muitas incógnitas e ajustes de protocolo. A bebida do café tem origem no grão e isso torna a relação entre qualidade e valores de *brix* ainda restritos.

Para Soares *et al.* (2017), uma outra forma de determinação de grau *brix* em amostras de café é o processo de degomagem de amostras do café, ou seja, a retirada de óleo que esteja apto ao longo tempo de estocagem. Foram utilizadas amostras de cafés cerejas com cascas e descascados, colocando-os em potes de plásticos transparentes e adicionando água até cobrirem totalmente os grãos, deixando-os armazenados em vários intervalos de tempo. Ao fim do experimento foi feita a determinação de grau *brix* presente na água utilizando-se de um

refratômetro. O que se percebeu foi o aumento de brix dissolvido na água nas amostras que ficaram mais tempo submersas.

Gatto (2008) realizou determinação de sólidos solúveis em bananas utilizando o refratômetro Abble em diferentes temperaturas. Após a maceração das amostras, foi utilizado centrífugas e colocando algumas gotas de sobrenadantes obtidos entre os prismas do refratômetro, realizando uma leitura em temperatura constante de 20 °C. O refratômetro Abble é utilizado para medir o índice de refração de substâncias líquidas e sólidas, baseando-se na Lei de Snell-Descartes, onde a luz sofre mudança na direção permitindo calcular o grau de refração dessas substâncias, obtendo-se os valores de sólidos e líquidos solúveis presentes no sistema.

3.5 Cromatografia de camada delgada (CCD)

De acordo com COLLINS (2010), a cromatografia de camada delgada (CCD) consiste em um método de separação de misturas através de um mecanismo de adsorção, onde o soluto migra da fase estacionária para a fase móvel através da capilaridade presente na placa de sílica em gel. Ainda em conformidade com COLLINS (2010), este procedimento foi elaborado pelo botânico Prof. Martinus Willem Beijerinck (1851-1931), onde utilizou camadas de amido e de gelatina para observar o crescimento de fermentos após determinados tratamentos.

Segundo Julião *et al.* (2003) a cromatografia de camada delgada (CCD) é um procedimento de baixo custo, rápido e eficiente que pode ser empregado de forma abrangentes no tratamento de qualidade de plantas medicinais, tanto em derivados de fitoterápicos quanto em matéria prima original.

Conforme Silva *et al.* (2009), a cromatografia de camada delgada é uma técnica simples utilizada na graduação de Química, no ensino de Química Orgânica laboratorial. Ainda segundo Silva *et al.* (2009), a cromatografia de camada delgada é utilizada para determinação de pureza de amostras simples, quantidade de substâncias presentes em uma amostra e identificação de uma amostra através de uma análise padrão, além de monitorar a evolução de uma reação química.

3.6 Uso de imagens digitais na determinação química

O mundo vive em constantes transformações. De acordo com Barbosa, Pereira e Santos (2019), o processo de avanço tecnológico nos possibilita ingressar em uma dinâmica com bastantes possibilidades digitais. Essas novas tecnologias nos colocam frente a frente com a necessidade de estarmos sempre inovando, buscando alternativas tecnológicas para suprir a demanda do ensino de ciências. Junto a essas mudanças está uma busca acelerada por aplicativos educacionais, softwares, plataformas de ensino entre outras.

Segundo Santos e Menezes (2020), as práticas experimentais no ensino da Química não são suficientes para uma assimilação, por parte dos discentes, dos conteúdos aplicados. Tendo em vista que alguns fatores comprometem na realização dessas práticas, como por exemplo: infraestrutura das escolas, condições adequadas de laboratório escola e a necessidade de reagentes e materiais necessários para a realização deste trabalho.

O ensino da Química deve ser feito de maneira atrativa e não de forma mecanizada, seja em qualquer nível de ensino.

3.7 PhotoMetrix®

Como as novas tecnologias têm efetuado muitas mudanças na maneira de pensar e de agir em diversas áreas profissionais, na educação não é diferente. O uso de smartphones e tablets vem promovendo mais facilidades e maior inserção dos alunos a aprendizados considerados, anteriormente, complexos, além de possibilitar ao professor a realização de aulas mais atrativas e despertar um maior interesse pela busca de conhecimento na disciplina ministrada.

Um bom exemplo é o APP PhotoMetrix®, que vem se firmando como um ótimo método disruptivo nas práticas educacionais. Para sua elaboração Grasel *et al.* (2016), propuseram um aplicativo que funciona, através da captura de imagens, efetuando variadas análises químicas e a identificação de diferentes tipos de substâncias. Ademais, possibilita análises mais rápidas por um baixo custo e menor produção de resíduos.

Conforme descrito por Helfer *et al.* (2017), com a utilização do próprio aparelho celular, as imagens capturadas pelo PhotoMetrix® permitem análises de

dados, além de auxiliarem no controle de qualidade na investigação das substâncias estudadas. Por fim, a quantidade de pixels somada aos canais de cores auxilia na realização de estudos analíticos de determinadas substâncias, permitindo diferentes calibrações por meio de curvas em gráficos para se obter os resultados esperados.

A aplicação de recursos tecnológicos como esses em sala de aula vem promovendo muitas vantagens no processo de ensino/aprendizagem. Porém, para que sejam realmente eficazes, cabe ao professor o conhecimento e o domínio de tais ferramentas. Assim, essas tecnologias podem nortear uma verdadeira evolução na educação brasileira, promovendo um ensino mais atrativo e significativo.

3.8 ImageJ

A utilização de aplicativos e programas de imagem no sistema educacional tem gerado resultados positivos. Além de favorecer a aprendizagem, é uma forma de inclusão já que os alunos dispõem de ferramentas tecnológicas como por exemplo, smartphones, tabletes e notebooks, o que possibilita uma melhor assimilação do conteúdo ministrado em conjunto com o aprimoramento e a capacidade de inserção do educando no mercado de trabalho.

Segundo Mamede-Neves (2004), a importância de o saber operar utilizando de recursos tecnológicos, implica em envolver a interação de elementos diversos na elaboração mais significativa de estratégias educacionais, com o objetivo de desenvolver o raciocínio crítico ao mesmo tempo que ampliam a inteligência, resultando na aquisição de novos conhecimentos.

De acordo com Rasband (2013), o software ImageJ é um programa livre de análise de imagem com código aberto, tem uma utilização muito ampla, ao mesmo tempo que seu funcionamento é baseado em diversas plataformas.

A utilização do programa de software ImageJ neste projeto educacional tem por finalidade realizar calibrações e analisar substâncias micrográficas, como por exemplo antocianinas, presentes em amostras de cafés comuns e especiais. Essas imagens permitem estabelecer gráficos dessas substâncias, promovendo a compreensão da quantidade destas substâncias através de um parâmetro pré-estabelecido.

3.9 Uso de smartphone na sala de aula e relação da temática café com química

Compreendendo as mudanças que aconteceram no mundo pós COVID-19, criou-se a necessidade de aprimoramento digital para o ensino da Química. Uma das principais ferramentas implementadas como recurso tecnológico foi a utilização de smartphone na sala de aula, pois além de ser um aparelho comum a todos os alunos, ainda contribui como recurso de pesquisa para os discentes.

De acordo com Greszczycyn, Filho e Monteiro (2016), a utilização de ferramentas tecnológicas no mundo digital vem se demonstrando como um ótimo recurso para o ensino da Química na escola. Por isso, é correto afirmar que sua implementação pode produzir uma melhoria considerável na educação.

No entanto, é sabido que algumas escolas não dispõem de recursos tecnológicos necessários para a implementação do ensino da Química de qualidade, pois, ainda segundo Greszczycyn, Filho e Monteiro (2016), o sistema brasileiro de educação não consegue acompanhar com igual rapidez as mudanças tecnológicas da sociedade, o que acaba por afastar os jovens em vez de inseri-los como parte desta evolução.

Conforme Braga (2001), na sociedade moderna tais avanços tecnológicos se tornaram muito importantes para uma educação de qualidade, pois são capazes de promover a motivação e interação por parte dos alunos nos métodos de aprendizagem.

Com isso, em concordância com Valente (1999), essas tecnologias desempenham um papel transformador, permitindo que o aluno desenvolva sua capacidade de se tornar mais ativo em seu próprio aprendizado, além de fazer do professor o mediador desta transformação.

Sendo assim, a utilização de smartphones auxilia no ensino da Química, algo que não era possível em anos anteriores e que se torna um aliado do professor no ensino de ciências.

Para Silva, Martins e Silva (2020), o uso de Metodologias Ativas tem como finalidade introduzir o aluno como principal personagem no ensino e aprendizagem, possibilitando ao mesmo solucionar problemas a partir de debates, assim como interações que permita que ele se torne ativo neste processo.

A escolha da temática “Café” se deve ao fato do município de Espera Feliz-MG ser um grande produtor desta cultura, bem como estar presente no cotidiano do aluno, tornando a proposta deste trabalho mais atrativa, possibilitando ao aluno relação com o conteúdo de Química.

Conforme Jesus e Filho (2018), o café é uma das bebidas mais consumidas do mundo, por este motivo, é um ótimo conteúdo para ser trabalhado no ensino de Ciências, inclusive no ensino de Química.

Segundo Santos e Schnitzler (1996), a abordagem correta de um determinado conteúdo possibilita uma mudança no cenário da educação atual, através da relevância de assuntos presentes no cotidiano do aluno.

Vale ressaltar a importância do tema Café como abordagem de conteúdo do ensino da Química, desde a sua origem cultural, os processos de plantio, colheita e de torrefação, bem como analisar as substâncias presentes no café, possibilitando ao aluno realizar corretamente o reconhecimento das funções orgânicas presentes nestas substâncias, bem como os benefícios e malefícios do consumo desta bebida.

A Química e a ciência que estuda as transformações. Em conformidade com Marquet e Nichele (2020), a aplicabilidade de atividades teóricas e práticas com o tema café, pode auxiliar os alunos na compreensão do ensino de Química, tornando este processo de aprendizagem mais significativo e motivador, aguçando a interação e compreensão dos alunos em temas mais complexos.

Portanto, a temática “Café” se torna, para o professor, uma ferramenta muito importante no ensino da Química. Isso possibilita ao mesmo, criar mecanismos para elaborar aulas mais atrativas, ao mesmo tempo que proporciona aos alunos uma melhor assimilação do conteúdo de Química.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental, com abordagem analítica quantitativa. caracterizada pela coexistência de interpretação qualitativa e quantitativa dos dados. Para Minayo (2000, p. 22), “[...] o conjunto de dados quantitativos e qualitativos, não se opõem. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage, dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia”. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já

elaborado sobre a utilização de recursos tecnológicos, o ensino da Química Orgânica, e a temática do “Café”. As obras consultadas tratavam-se de monografias, dissertações, teses e artigos científicos, realizados principalmente nos últimos 15 anos.

A pesquisa experimental, conforme Gil (2008), trata-se de determinar um objeto de estudo, selecionando as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definindo-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Neste trabalho, foram realizados dois tipos de experimentos. O primeiro experimento trata da análise de amostras de cafés realizada no laboratório do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O segundo experimento trata de aulas práticas de Química Orgânica sobre a temática Café na Escola Estadual Interventor Júlio de Carvalho, situada em Espera Feliz – MG.

4.1 Coleta e seleção das amostras

As amostras de café com diferentes estágios de maturação (Figura 7) foram adquiridas nas fazendas de café do Espírito Santo e Minas Gerais. As amostras foram cuidadosamente selecionadas e posteriormente submetidas à procedimento de lavagem e sanitização para aquisição das imagens por meio do aplicativo. A figura 7 representa amostras de cafés com diferentes tipos de maturação.



Figura 7. Imagem dos aspectos de maturação das amostras de café

Fonte: O autor.

4.2 Materiais, métodos e coleta de dados

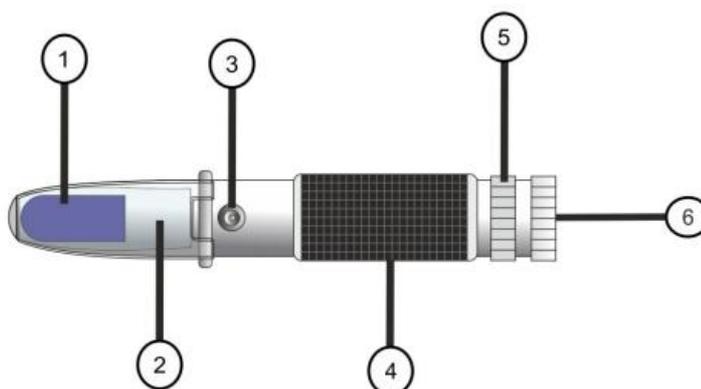
Para determinação do teor de sólidos totais dissolvidos das amostras escolhidas neste trabalho, foi utilizado o refratômetro portátil, Refratômetro Digital de bancada e o aplicativo PhotoMetrix®. As figuras 8, 9, 10 e 11 mostram o refratômetro portátil utilizado na medição de teor de sólidos solúveis presentes nas amostras de café. A figura 8 mostra a escala de grau *brix* apresentada no refratômetro portátil.

Figura 8. Refratômetro portátil



Fonte: Imagem ilustrativa, retirada da internet.

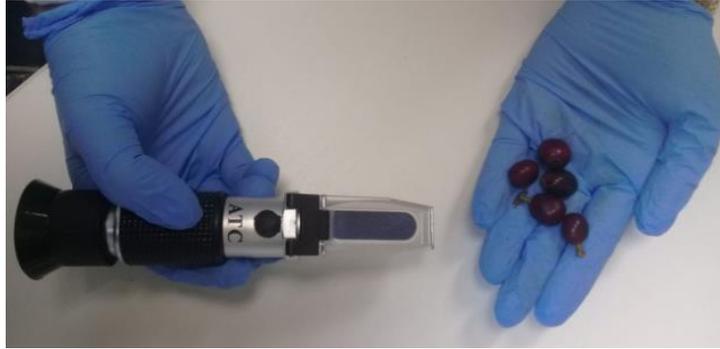
Figura 9. Refratômetro portátil e suas partes



Fonte: Imagem retirada do Blog SP Labor.

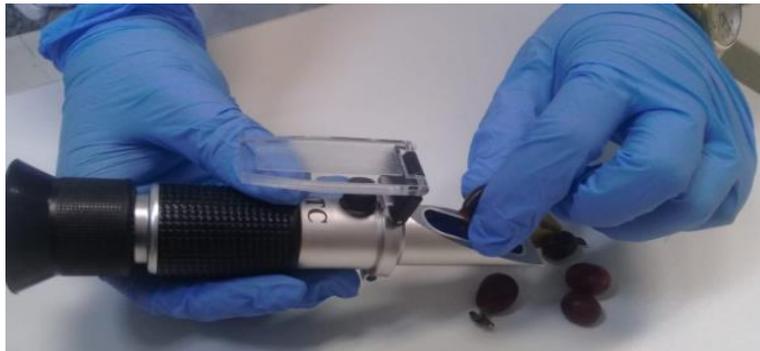
Legenda: 1 - Cubeta para amostra; 2 - Prisma para amostra; 3 - Parafuso calibração; 4- Tubo mirador; 5 - ajuste de foco; 6 - visor.

Figura 10. Refratômetro e amostra de café vermelho



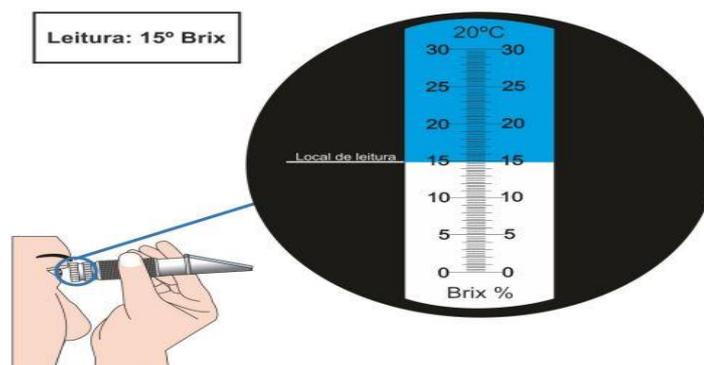
Fonte: Imagem fotografada pelo autor (UFV).

Figura 11. Colocando a amostra de café na cubeta do refratômetro.



Fonte: O autor.

Figura 12. Escala grau brix



Fonte: <https://www.splabor.com.br/blog/refratometro>

O Refratômetro de bancada (figura 13), instrumento projetado para a medição de índice de refração (n_d) e da dispersão óptica média (NF-NC) da transparência ou semitransparência de líquidos em matéria sólida. Conectando um banho de circulação termostático, pode medir o índice de refração de $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. A figura 13 mostra o refratômetro de bancada do Departamento de Química da Universidade federal de Viçosa, utilizado para medição do teor de sólidos solúveis.

Figura 13. Refratômetro de bancada

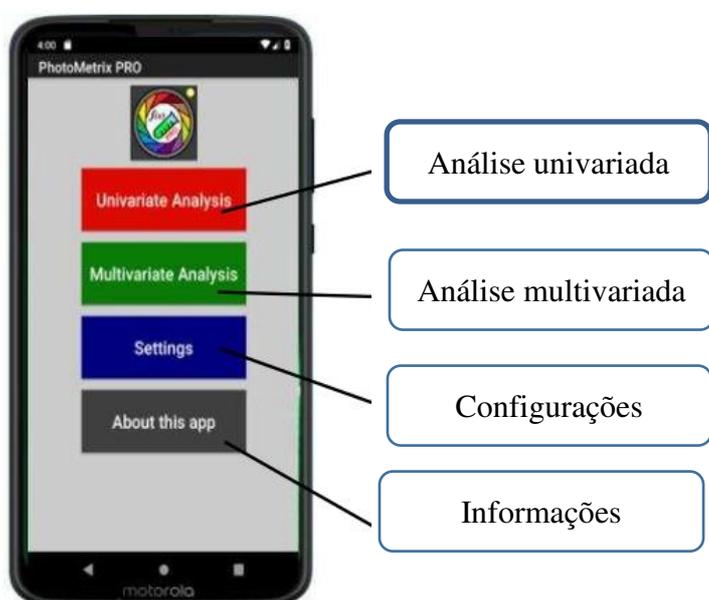


Fonte: O autor.

Para medição de brix com smartphone, na etapa de aquisição das imagens digitais, foi utilizado o aplicativo gratuito para smartphone PhotoMetrixPRO, versão 1.0.3). Previamente à aquisição das imagens, foi feito um corte transversal nas amostras de café, de modo a extrair parte da polpa dos mesmos, sendo possível a obtenção dos valores do teor de sólidos totais dissolvidos para cada amostra. Os valores obtidos foram inseridos no app PhotoMetrixPRO e relacionados às imagens posteriormente obtidas. O processo de aquisição de imagens foi feito com um auxílio de um suporte para o celular, mantendo sempre a regularidade de luz e ângulo de aquisição da imagem. A região de interesse adotada foi de 96×96 pixels, com dados centrados na média e modelo de canais de cores RGB. Com o uso do canal histograma (frequência de determinadas amostras em dados de distribuição), que está no método Mean (o aplicativo disponibiliza apenas nesse método para o

histograma), obtemos cerca de vinte e sete fatores de calibração. Já para single channels, o aplicativo disponibiliza métodos em Mean e Auto Scale, sendo que o fator é limitado ao número máximo de oito (08) fatores, dependendo do quantitativo de canais desejado. A figura 14 mostra a tela principal do aplicativo PhotoMetrix e suas configurações.

Figura 14. Tela do aplicativo durante o processo de aquisição das imagens digitais das amostras de café utilizando o aplicativo PhotoMetrixPRO e modelo de calibração PLS.



Fonte: O autor

4.3. Determinação de antocianinas totais

Em um béquer, foram pesadas 2 g de polpa de café e adicionado 10 mL de etanol absoluto acidificado a pH 2,0 (HCl). As amostras foram homogeneizadas por 5 minutos e mistura foi deixada em repouso por 30 min, no escuro. Em seguida, a mistura foi levada para a centrífuga a 5.000 rpm por 10 min. Em um balão volumétrico de 10 mL, foi adicionado 0,5 mL do sobrenadante e o volume foi completado com a solução de etanol acidificado a pH 2,0. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 535 nm e os resultados foram expressos em mg eq. cianidina-3-glicosídeo/100 g de amostra. As leituras foram

realizadas em triplicata e a curva de calibração foi construída usando o padrão cianidina-3-glicosídeo nas concentrações de (0,1; 0,5; 0,75; 1,0 e 5,0 mg/mL). A figura 15 mostra recipientes com extratos de antocianinas oriundas do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa.

Figura 15. Padrão e extrato de antocianinas



Fonte: O autor.

4.4 Determinação de antocianina usando ImageJ

O programa para computador ImageJ foi utilizado para determinar antocianinas nos extratos de café, com a área da mancha nas placas em CCD captura na câmera de smartphone.

Para realização da CCD foi aplicado o padrão de antocianinas e as amostras a ser analisadas na fase estacionária e o cromatograma foi desenvolvido, de forma ascendente, em uma câmara fechada (cuba) contendo o solvente (fase móvel) com 4 mL de etanol, 1 mL de vinagre e 5 mL de água destilada. Após o solvente arrastar o composto e a frente do solvente com 1-2 cm da extremidade superior da placa, a mesma foi retirada da cuba e em seguida foi seca com ajuda de secador de ar quente. Como a maioria dos compostos orgânicos são incolores, a seguir a placa sofreu um processo de revelação para a possível identificação das manchas correspondentes ao composto presente na amostra. A placa foi introduzida na câmara contendo luz ultravioleta ($\lambda = 254 \text{ nm}$). O composto contido na placa absorveu luz ultravioleta e emitiu luz em outra região. Essa emissão teve uma coloração característica. Assim, os pontos onde estavam as antocianinas impediram a passagem da luz, aparecendo como pontos ou faixa escuras

(manchas). A figura 16 mostra os extratos de antocianinas e a placa de eluição da CCD. Já a figura 17 mostra o procedimento de CCD em um recipiente fechado para observar a eluição.

Figura 16. Placa de CCD com amostra em triplicata antes da eluição



Fonte: O autor.

Figura 17. Placa de CCD na eluição.



Fonte: O autor.

Para determinação da concentração de antocianinas foi construída a curva de calibração aplicando-se 24 μL de diferentes concentrações do padrão de antocianina na placa CCM ALUGRAM Xtra SIL G/UV 254 recobertas com sílica-gel e dimensões de 20 cm x 5 cm. Cada ponto de aplicação com distância de 1 cm e 1,5 cm de altura da base. A distância total percorrida pela fase móvel foi de 3 cm. A aplicação foi realizada empregando-se uma microseringa Hamilton. Ao final da

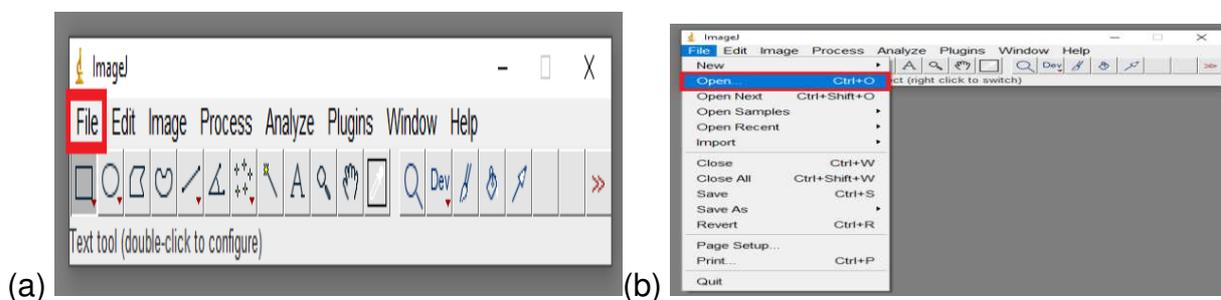
aplicação, a placa foi inserida em uma cuba cromatográfica, sendo a corrida realizada por uma fase móvel. Após a eluição, foi observada a mancha na placa utilizando a lâmpada de luz ultravioleta ($\lambda = 254 \text{ nm}$). A confirmação da presença dos padrões nas amostras foi observada pela área da mancha com auxílio do programa ImageJ.

4.5 Guia de uso do programa ImageJ

Primeiramente, foi realizado download do programa que está disponível gratuitamente na página: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>.

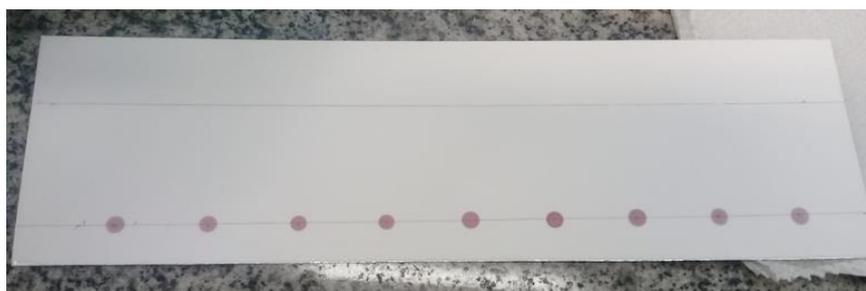
O Programa foi executado em sua pasta, clicando no ícone que possuía a imagem de microscópio. Clicando na opção **File**, uma janela foi aberta e clicamos na opção **Open** conforme figura 6. A figura 14 mostra as telas principais do programa de software Imagej e suas configurações. As figuras 18, 19, 20 e 21 mostram as placas com os resultados da CCD que serão posteriormente utilizadas no programa ImageJ.

Figura 18. ImageJ: Tela File (a) e Open (b)



Fonte: O autor.

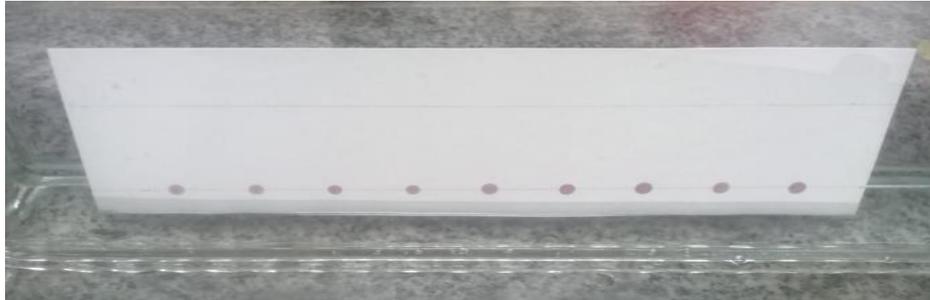
Figura 19. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas



Fonte: O autor.

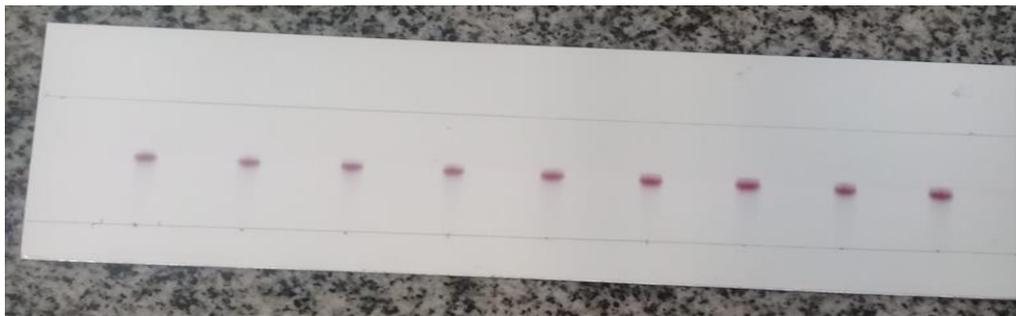
Após esta etapa, uma nova janela foi aberta e selecionamos a figura que desejamos editar.

Figura 20. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas antes da eluição na cuba cromatográfica



Fonte: O autor.

Figura 21. Placa de CCD de diferentes concentrações de antocianinas após da eluição



Fonte: O autor.

Uma régua também foi adicionada a imagem com o objetivo de determinar a escala. Na tela inicial do programa clicar no ícone da ferramenta linha, com o auxílio da régua da foto para marcar e configurar a escala que ficou a 1 cm da base (figura 22).

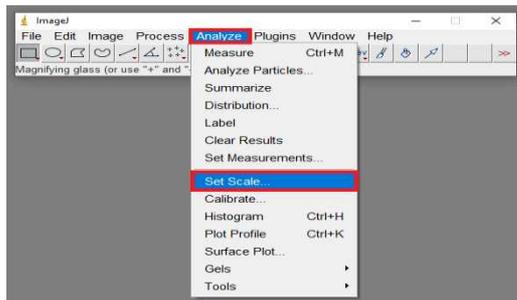
Figura 22. Determinação da escala do resultado da CDD utilizando lâmpada de luz ultravioleta ($\lambda = 254 \text{ nm}$)



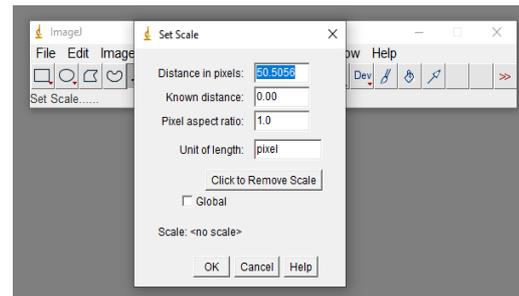
Fonte : O autor.

A seguir, selecione a opção **Analyze (a)**, no menu principal, e na caixa aberta **Set Scale (b)**, uma nova aba será aberta e deve ser selecionada a opção **Known distance (b)**, onde se insere o número 1 e na opção **Unit of length (b)** inserir a unidade de medida em cm. Ao final do procedimento, selecionar **OK**. Após esta etapa, volta para tela inicial. A figura 23 mostra as etapas do programa ImageJ para determinação de imagens.

Figuras 23. Processo de tratamento da imageJ



(a)

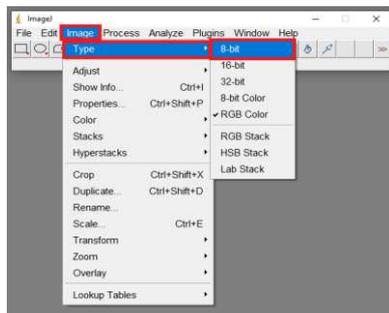


(b)

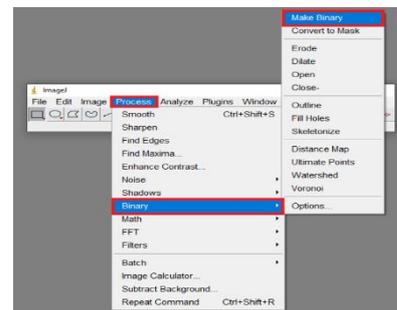
Fonte: O autor.

O próximo passo é clicar na opção **Image**, localizada na tela inicial e em seguida na opção **Type** e **8-bit (a)**. A seguir é selecionada a opção **Process (b)** na barra da tela inicial, em seguida **Binary (b)** e em **Make Binary (b)**. As figuras 24 mostram as configurações do programa imageJ para obtenção de imagens.

Figuras 24. Tratamento da imagem II do programa de software ImageJ



(a)



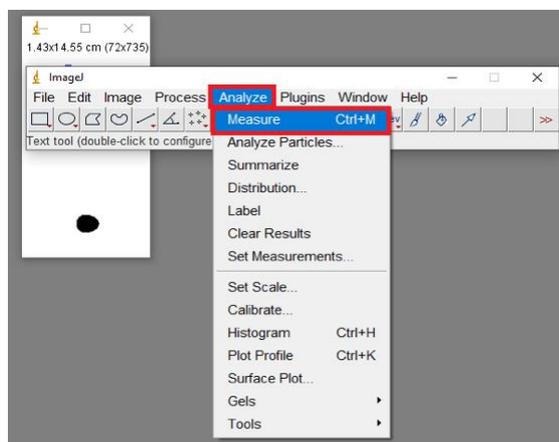
(b)

Fonte: O 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 **Measure(b)**

e nova janela chamada **Results (c)** irá aparecer (Figura 25). O mesmo procedimento de seleção deve ser usado para as demais manchas.

Figura 25. Determinação da área da mancha do ImageJ



Fonte: O autor.

4.6 Aplicação da temática café e smartphone nas aulas de química

Nunes e Ardoni (2010) evidenciam que em muitos casos no ensino da Química, os alunos não conseguem assimilar os conteúdos, sendo incapazes de relacionar o que é ministrado em sala de aula com a sua realidade, tornando a aprendizagem ineficaz, ao mesmo tempo em que os alunos se mostram desinteressados pelas aulas.

A temática Café foi abordada para a construção deste produto pedagógico, pois é um tema que está relacionado ao dia-a-dia dos alunos, por ser uma bebida consumida pela maioria dos educandos e por estar diretamente relacionada a sua realidade, uma vez que a economia local se baseia no cultivo do café.

Tendo em vista a possibilidade de realizar diversos experimentos e a procura por relações com o cotidiano, a temática Café neste trabalho pedagógico é fácil de ser explorado, uma vez que o café está cada vez mais presente no dia-a-dia dos brasileiros.

O mundo passa por um momento de transformações tecnológicas em decorrência da pandemia do COVID-19, sendo necessário que as escolas e os profissionais da educação acompanhassem essas transformações favorecendo a aprendizagem. Um dos principais recursos foi a utilização de smartphones, visto

que se trata de uma ferramenta de fácil acesso dos os alunos, ao mesmo tempo que promove uma melhor interação entre o professor e o aluno em um período de isolamento causado pela pandemia.

Para Braga (2001), a utilização de tecnologia se tornou essencial para uma melhor maneira de ensinar na sociedade atual. Em relação ao estudo da Química, essas ferramentas tecnológicas podem despertar a motivação e o interesse, que são fundamentais no processo de aprendizagem.

4.7 Momento pedagógico

O método pedagógico é uma técnica de aprendizagem elaborada por Delizoicov e Angotti em 1990. Sua elaboração consiste em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

A dinâmica denominada de Três Momentos Pedagógicos foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990) e também investigada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), durante o processo de formação de professores na região de Guiné-Bissau, originada da transposição da concepção de Paulo Freire (1987) para um contexto de educação formal, que enfatiza uma educação dialógica, na qual o professor deve mediar uma conexão entre o que aluno estuda cientificamente em sala de aula, com a realidade de seu cotidiano (BONFIM,COSTA E NASCIMENTO,2018. p.188).

A escolha dos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti se deve ao fato de ser uma maneira bem eficiente de dividir um projeto educacional, proporcionando melhor assimilação dos conteúdos presentes neste projeto por parte dos alunos. A tabela 1 mostra a divisão do momento pedagógico.

Tabela 1. Divisão do Momento Pedagógico

Problematização inicial	Organização do conhecimento	Aplicação do conhecimento.
Questões norteadoras	Aula expositiva e dialogada	Apresentação do aparelho de refratômetro de BRIX
Texto	Uso do quadro	Apresentação do aplicativo de smartphone
Roda de conversa com os alunos sobre a temática “CAFÉ” e a importância do tema na economia local.	Uso de Datashow ou os projetores de imagem em geral	Aula expositiva sobre a temática “CAFÉ” envolvendo os professores das demais áreas de conhecimento visita técnica a produtores de cafés especiais.

Fonte: O autor.

A problematização inicial tratou-se da aplicação de questionário para registrar conhecimentos preexistentes dos alunos sobre a temática Café e conceitos de química relacionados ao tema gerador de ensino. Foi apresentada uma matéria no site www.sistemafaemg.org.br, intitulada *Produtor mineiro tem o segundo melhor café do Brasil na SIC*, que abordava o crescimento do cultivo de cafés especiais na Região da Forquilha do Rio, situada no município de Espera Feliz-MG.

Ao fim deste momento, foi realizada uma roda de conversa sobre o tema “Café” e a sua ligação com a economia local. A relação da temática do café com a disciplina de Química foi bem aceita pelos alunos neste primeiro momento. Muito dos estudantes tem como sua principal fonte de renda a colheita do café, o que proporcionou uma aula mais atrativa e significativa.

No segundo momento, referente à organização do conhecimento, foi realizada uma aula expositiva sobre a temática Café, abordando temas como origem da bebida, principais substâncias químicas presentes, dentre elas, as antocianinas (substâncias responsáveis pela pigmentação das frutas) e reconhecimento das funções orgânicas presentes nessas substâncias. Esta aula foi realizada no laboratório de informática da Escola Estadual Interventor Júlio de Carvalho, situada no município de Espera Feliz, Minas Gerais, com as turmas no 3º ano do ensino médio.

No entanto, apesar do tema fazer parte do cotidiano dos alunos, eles não tinham uma relação direta do conteúdo proposto com a disciplina de Química, gerando uma grande dificuldade de assimilação do tema com a ciência. Grande parte dos alunos não conseguiam relacionar a temática Café com conteúdo ali ministrados.

Tabela 2. Correlação do café com a disciplina de química pelos alunos

Turma	NÃO RELACIONA	RELACIONA
A 3º 01- Matutino (36 alunos)	54%	46%
B 3º 02- Matutino (39 alunos)	58%	42%
C 3º 03- Noturno (28 alunos)	35%	65%

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

No terceiro momento, referente à aplicação do conhecimento, foi realizada uma prática experimental utilizando de um refratômetro portátil. Assim, foi possível analisar o grau *brix*, ou seja, a quantidade de açúcares presentes em amostras de café in natura e torrado. Esta aula foi bem significativa pois os alunos aprenderam o momento certo da colheita da fruta, bem como a perda de açúcares do café no processo de torrefação. Dentre as aulas citadas, essa foi a mais abrangente por se tratar de um conteúdo de fácil assimilação e com materiais bem acessíveis.

Na sequência foi realizada uma prática de cromatografia de camada delgada (CCD) em amostras contendo extratos de antocianina. Foram utilizadas placas de alumínio siliconadas próprias para o experimento, recipiente de vidro fechado, tubos capilares, solução alcoólica e extratos de antocianinas. Nesta etapa foi notável a dificuldade por parte dos alunos na assimilação do conteúdo, ocasionada pela falta de familiaridade com os processos de separação de misturas, resultando numa difícil relação do conteúdo com a prática proposta.

Realizou-se também práticas com imagens automatizadas do resultado dessa CDD utilizando o programa de software ImageJ com o objetivo de realizar calibrações destas imagens e construir gráficos através de valores e brilhos pré-estabelecidos na quantidade de pixels destas imagens. Foram introduzidas novas tecnologias digitais, como por exemplo o app PhotoMetrix em smartphones para determinação analítica de antocianinas presentes em amostras de cafés comuns e especiais. Para este procedimento utilizou-se uma câmara com luminária de led acoplada, tubo de ensaio e solução contendo café dissolvido em água. Ao fim do experimento, utilizando-se o app PhotoMetrix, foi construída uma curva numérica determinando a quantidade de antocianinas presentes nestas amostras. Apesar dos alunos apresentarem facilidade na utilização de ferramentas tecnológicas como o celular, eles demonstraram dificuldades em compreender os gráficos produzidos pelo aplicativo devido ao pouco conhecimento em matemática aplicada e nos valores presentes nos gráficos.

Ainda no terceiro momento pedagógico, foi realizada uma aula expositiva com a temática Café, contando com a presença de professores de outras disciplinas e abordando temas como a história do café no mundo, os benefícios e malefícios do consumo de café, a influência do relevo na nossa região para a produção de cafés comuns e do tipo especial, as funções orgânicas presentes nas fórmulas de estruturais do café e das antocianinas e benefícios do consumo de café

nas práticas esportivas. Este momento foi bem gratificante pois os alunos participaram de forma efetiva da aula, realizando perguntas com interação entre eles e os professores que ministraram a aula.

Por fim, foi feita uma visita técnica na localidade da Forquilha do Rio, situada na divisa dos municípios Dores do Rio Preto - ES e Espera Feliz - MG. Neste momento visitamos os principais produtores de cafés especiais da região, onde os alunos conheceram as práticas de plantio, colheita e o processo de torrefação de café. Ao fim da visita foi feito um lanche para os alunos e os mesmos provaram destes cafés especiais produzidos nesta região.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores de sólidos totais dissolvidos (STD) grau Brix

Os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas amostras de CAFÉ analisadas neste trabalho variaram de 2 a 22 grau *brix*, com valor médio de Brix.

A tabela 3 apresenta os valores de Brix usando o refratômetro portátil, refratômetro de bancada, PhotometrixPRO.

O café vermelho apresentou o maior valor de *brix*, já o menor valor de *brix* foi encontrado no café torrado. Quanto maior o grau *brix*, maior a quantidade de sólidos solúveis e, conseqüentemente, maior a quantidade de açúcar no fruto do café. Essa doçura é fundamental para ajudar no processo de produção de cafés.

A calibração com base em regressão por mínimos quadrados parciais por meio do app PhotoMetrixPRO foi desenvolvido para os canais de RGB bem como na combinação entre eles, permitindo a avaliação dos fatores, que são combinações lineares das variáveis X (grau *brix*), que melhor modelam as variáveis dependentes Y (canais de cores). A Figura 22 apresenta o gráfico de calibração para determinação dos valores de sólidos totais dissolvidos para as amostras de café avaliadas.

Kalschne *et al.* (2018) reportaram valores na faixa de 2,40 a 2,83 e 2,70 a 2,97 grau *brix* para amostras de café arábica e robusta, respectivamente. O café arábica, de uma forma geral, apresenta menor teor de sólidos solúveis em sua composição. A concentração de sólidos solúveis totais pode variar de acordo com

a variedade da matéria-prima, método de fermentação, além do grau de torra e temperatura de percolação: torras mais escuras produzem mais sólidos solúveis e, a temperatura mais alta os extrai com mais eficiência (CLARKE; VITZTHUM, 2001).

Tabela 3. Grau Brix no refratômetro portátil, no refratômetro de bancada e no PhotoMetrixPRO

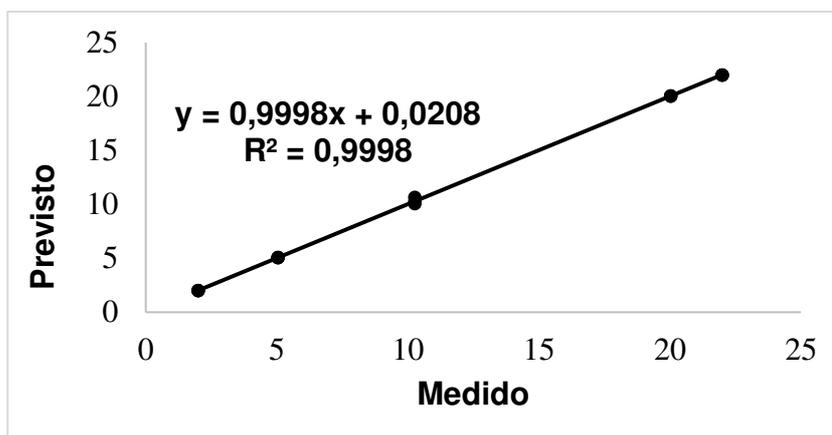
Amostra	Refratômetro portátil	Refratômetro de bancada	PhotoMetrixPRO
Água	0	0	0
Água	0	0	0
Água	0	0	0
Café vermelho Francisco	22	22	22
Café vermelho Francisco	22	22	22
Café vermelho Francisco	22	22	22
Café vermelho UFV	22	22	22
Café vermelho UFV	22	22	22
Café vermelho UFV	22	22	22
Café vermelho especial	22	22	22
Café vermelho especial	22	22	22
Café vermelho especial	22	22	22
Café laranja Francisco	20	20	20
Café laranja Francisco	20	20	20
Café laranja Francisco	20	20	20
Café laranja UFV	20	20	20
Café laranja UFV	20	20	20
Café laranja UFV	20	20	20
Café amarelo especial	22	22	22
Café amarelo especial	22	22	22
Café amarelo especial	22	22	22
Café amarelo Francisco	10	10	10
Café amarelo Francisco	10	10	10
Café amarelo Francisco	10	10	10
Café amarelo UFV	10	10	10
Café amarelo UFV	10	10	10
Café amarelo UFV	10	10	10
Café verde Francisco	5	5	5
Café verde Francisco	5	5	5
Café verde Francisco	5	5	5
Café verde UFV	5	5	5
Café verde UFV	5	5	5
Café verde UFV	5	5	5
Café torrado	2	2	2
Café torrado	2	2	2
Café torrado	2	2	2
Café Conilon vermelho	21	21	21
Café Conilon vermelho	21	21	21
Café Conilon vermelho	21	21	21
Café Conilon laranja	20	20	20
Café Conilon laranja	20	20	20
Café Conilon laranja	20	20	20
Café Conilon amarelo	13	13	13
Café Conilon amarelo	13	13	13
Café Conilon amarelo	13	13	13
Café Conilon verde	4	4	4
Café Conilon verde	4	4	4
Café Conilon verde	4	4	4

Fonte: O autor.

De acordo com Pinto *et al.* (2002), as melhores bebidas, com paladar estritamente mole, mole, apenas mole e duro apresentaram maiores teores de sólidos solúveis totais, o que é desejável tanto pelo ponto de vista do rendimento industrial como pela contribuição para assegurar corpo à bebida, que é importante

para o café expresso. Alves (2009) verificou forte correlação entre qualidade da bebida e grau *brix* dos frutos maduros, sendo que 95% dos cafés que alcançaram nota superior a 80 apresentavam grau *brix* superior a 20 no momento da colheita.

Figura 26. Curva de calibração multivariada utilizando o PhotoMetrix



Fonte: O autor.

Na figura 26 pode ser observada a calibração multivariada entre o teor de sólidos totais dissolvidos medida pelo método de referência e prevista pelo modelo de calibração pelo processo de aquisição das imagens digitais das amostras de café comerciais utilizando o aplicativo PhotoMetrixPRO e modelo de calibração PLS.

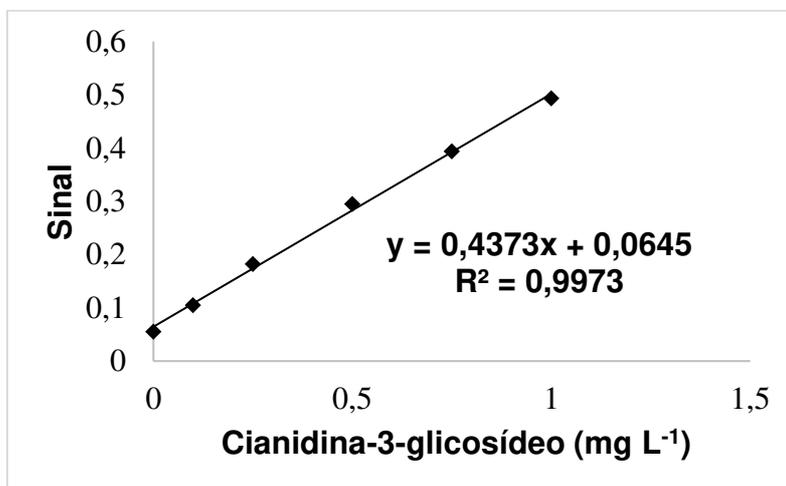
O valor obtido de R^2 cal para o modelo em questão foi de 0,9998, com uma eficiência sendo estimada pela capacidade de auto-predição do modelo pelo Erro Médio Quadrático de Calibração (RMSEC) de 0,1472. Embora este método tenha a desvantagem da dependência direta com o número de fatores utilizados na criação do modelo, o resultado demonstra baixo erro na etapa de calibração, indicando o potencial desta ferramenta para avaliação rápida do teor de STD em amostras de café.

Com base em um modelo de calibração robusto, as empresas produtoras de café poderão dar maior agilidade no processo de recebimento dos insumos na unidade de processamento, caracterizando-se como um método não destrutivo ao grão, reduzindo o tempo de análise, a geração de resíduos químicos e consequentemente os custos envolvidos nas operações supracitadas. Ressalta-se que outras etapas de validação do modelo ainda serão realizadas, para melhorar a capacidade preditiva do mesmo.

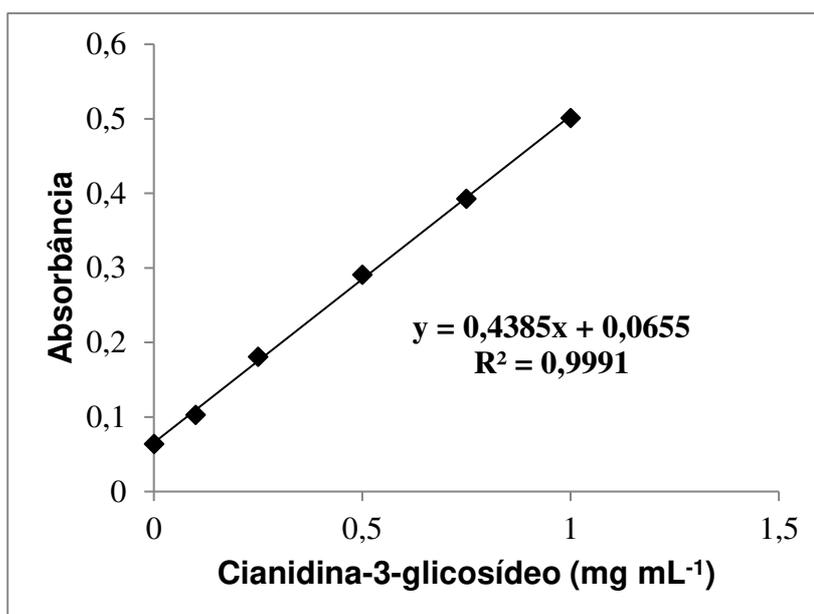
5.2 Determinação de antocianinas totais

A determinação das antocianinas foi realizada utilizando o método descrito por Fuleki e Francis (1968), com algumas modificações. Em um béquer, foram pesadas 2 g de polpa de café e adicionado 10 mL de etanol absoluto acidificado a pH 2,0 (HCl). As amostras foram homogeneizadas por 5 minutos e mistura foi deixada em repouso por 30 min, no escuro. Em seguida, a mistura foi levada para a centrífuga a 5.000 rpm por 10 min. Em um balão volumétrico de 10 mL, foi adicionado 0,5 mL do sobrenadante e o volume foi completado com a solução de etanol acidificado a pH 2,0. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 535 nm e os resultados foram expressos em mg eq. cianidina-3-glicosídeo/100 g de amostra. As leituras foram realizadas em triplicata e a curva de calibração foi construída usando o padrão cianidina-3-glicosídeo nas concentrações de (0,1; 0,5; 0,75; 1,0 e 5,0 mg/mL). A figura 27 mostra a curva de calibração de antocianina produzida com o aplicativo PhotoMetrix e a figura 28 mostra a curva de calibração de antocianina produzida pelo espectrofotômetro da UFV.

Figura 27. Curva de calibração da cianidina-3-glicosídeo no aplicativo



Fonte: O autor.

Figura 28. Curva de calibração cianidina-3-glicosídeo no UV-Visível

Fonte: O autor.

Tabela 4. Concentração do padrão Cianidina-3-glicosídeo e valores das cores

Cianidina-3-glicosídeo mg mL ⁻¹	RED	GREEN	BLUE
0	198	198	199
0,1	194	195	193
0,25	185	186	188
0,5	170	171	169
0,75	155	156	155
1	140	143	145

Fonte: O autor.

Tabela 5. Valores de RGB para amostras na determinação de antocianinas

Amostra	RED	GREEN	BLUE
Café vermelho (Francisco)	161	189	186
Café vermelho (Francisco)	161	189	186
Café vermelho (Francisco)	161	189	186
Café amarelo (Francisco)	185	185	184
Café amarelo (Francisco)	185	185	184
Café amarelo (Francisco)	185	185	184
Café verde (Francisco)	198	199	199
Café verde (Francisco)	198	199	199
Café verde (Francisco)	198	199	199
Café laranja (Francisco)	173	182	184
Café laranja (Francisco)	173	182	184
Café laranja (Francisco)	173	182	184
Café vermelho (UFV)	162	187	186
Café vermelho (UFV)	162	187	186
Café vermelho (UFV)	162	187	186
Café amarelo (UFV)	185	184	184
Café amarelo (UFV)	185	184	184
Café amarelo (UFV)	185	184	184
Café verde (UFV)	199	199	199
Café verde (UFV)	199	199	199
Café verde (UFV)	199	199	199
Café laranja (UFV)	174	182	184
Café laranja (UFV)	174	181	184
Café laranja (UFV)	174	181	184
Café vermelho especial (Francisco)	161	180	183
Café vermelho especial (Francisco)	161	180	183
Café vermelho especial (Francisco)	161	180	183
Café amarelo especial (Francisco)	184	174	188
Café amarelo especial (Francisco)	184	174	188
Café amarelo especial (Francisco)	184	174	188
Café Conilon vermelho	160	188	185
Café Conilon vermelho	160	188	185
Café Conilon vermelho	160	188	185
Café Conilon laranja	172	181	183
Café Conilon laranja	172	181	183
Café Conilon laranja	172	181	183
Café Conilon amarelo	184	183	183
Café Conilon amarelo	184	183	183
Café Conilon amarelo	184	183	183
Café Conilon verde	199	199	199
Café Conilon verde	199	199	199
Café Conilon verde	199	199	199

Fonte: O autor.

Tabela 6. Teor de antocianinas totais analisadas pelo PhotoMetrix® e espectrofotômetro

Amostra	APP mg/ 100 g	UV-Vis mg /100 g	Absorbância
Café vermelho (Francisco)	34,19	34,38	0,183
Café vermelho (Francisco)	34,24	34,41	0,182
Café vermelho (Francisco)	34,24	34,41	0,182
Café amarelo (Francisco)	5,01	5,09	0,105
Café amarelo (Francisco)	5,03	5,12	0,105
Café amarelo (Francisco)	5,06	5,09	0,104
Café verde (Francisco)	0,00	0,00	0,065
Café verde (Francisco)	0,00	0,00	0,065
Café verde (Francisco)	0,00	0,00	0,066
Café laranja (Francisco)	18,09	18,16	0,149
Café laranja (Francisco)	18,06	18,44	0,149
Café laranja (Francisco)	18,08	18,19	0,148
Café vermelho (UFV)	34,09	34,17	0,182
Café vermelho (UFV)	34,22	34,26	0,183
Café vermelho (UFV)	34,20	34,11	0,183
Café amarelo (UFV)	5,33	5,36	0,104
Café amarelo (UFV)	5,28	5,34	0,104
Café amarelo (UFV)	5,22	5,55	0,104
Café verde (UFV)	0,00	0,00	0,065
Café verde (UFV)	0,00	0,00	0,066
Café verde (UFV)	0,00	0,00	0,066
Café laranja (UFV)	28,04	28,11	0,148
Café laranja (UFV)	28,45	28,94	0,148
Café laranja (UFV)	28,41	28,45	0,148
Café vermelho especial (Francisco)	34,39	34,42	0,183
Café vermelho especial (Francisco)	34,54	34,51	0,183
Café vermelho especial (Francisco)	34,27	34,33	0,183
Café amarelo especial (Francisco)	5,63	5,36	0,106
Café amarelo especial (Francisco)	5,46	5,49	0,106
Café amarelo especial (Francisco)	5,40	5,47	0,105
Café Conilon vermelho	35,28	35,61	0,184
Café Conilon vermelho	35,84	35,43	0,184
Café Conilon vermelho	35,49	35,01	0,184
Café Conilon laranja	19,35	19,26	0,150
Café Conilon laranja	19,40	19,55	0,150
Café Conilon laranja	19,06	19,46	0,150
Café Conilon amarelo	5,26	5,14	0,106
Café Conilon amarelo	5,04	5,11	0,106
Café Conilon amarelo	5,16	5,09	0,106
Café Conilon verde	0,00	0,00	0,066
Café Conilon verde	0,00	0,00	0,066
Café Conilon verde	0,00	0,00	0,066

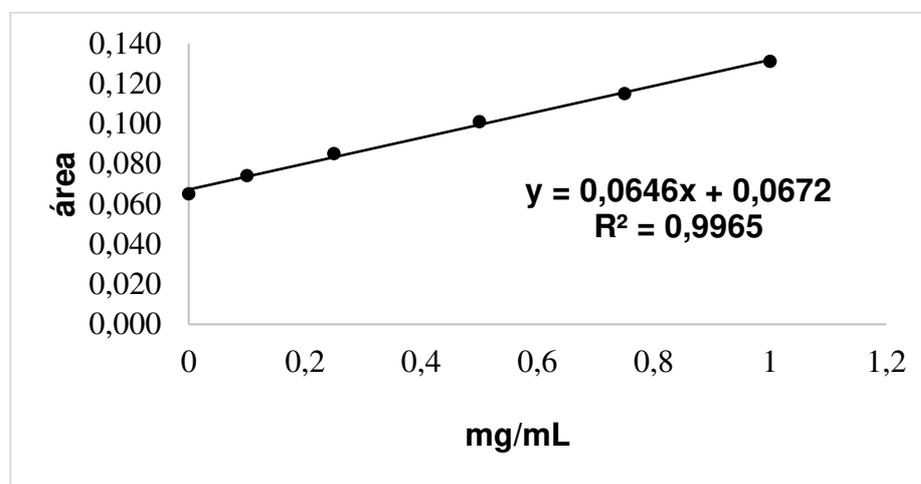
Fonte: O autor.

5.3 Resultado ImageJ

A curva de calibração foi construída para determinação da área da mancha observada na placa de cromatografia e relacionada com a concentração de antocianina das soluções padrão. Com o uso da mesma ferramenta, tornou-se possível mensurar a área de cada mancha e tratamento do cromatograma no programa ImageJ, obtendo-se as seguintes áreas x concentração (mg/mL) por meio de um modelo de regressão linear, uma curva analítica foi construída. Como se pode observar a equação da reta $y = 0,0646x + 0,0672$ com coeficiente de

determinação (R^2) igual 0,9965 cujo valor encontrado dá a certeza que o método é bem confiável. Os resultados obtidos podem ser vistos na figura 29.

Figura 29. Curva de calibração elaborada a partir dos resultados do ImageJ.



Fonte: O autor.

A partir da equação da reta foi feita a determinação de antocianinas em amostras de café. A determinação foi feita em triplicata e o resultado obtido de antocianinas foram os observados na tabela 7.

Tabela 7. Comparação do teor de antocianinas no aplicativo e no espectrofotômetro UV-visível.

Amostra	Imagej mg/ 100 g	UV-Vis mg/ 100 g
Café vermelho (Francisco)	34,76	34,38
Café vermelho (Francisco)	34,76	34,41
Café vermelho (Francisco)	34,76	34,41
Café amarelo (Francisco)	5,15	5,09
Café amarelo (Francisco)	5,15	5,12
Café amarelo (Francisco)	5,15	5,09
Café verde (Francisco)	0,00	0,00
Café verde (Francisco)	0,00	0,00
Café verde (Francisco)	0,00	0,00
Café laranja (Francisco)	18,86	18,16
Café laranja (Francisco)	18,86	18,44
Café laranja (Francisco)	18,86	18,19
Café vermelho (UFV)	34,51	34,17
Café vermelho (UFV)	34,51	34,26
Café vermelho (UFV)	34,51	34,11
Café amarelo (UFV)	5,43	5,36
Café amarelo (UFV)	5,43	5,34
Café amarelo (UFV)	5,43	5,55
Café verde (UFV)	0,00	0,00
Café verde (UFV)	0,00	0,00
Café verde (UFV)	0,00	0,00
Café laranja (UFV)	28,06	28,11
Café laranja (UFV)	28,06	28,94
Café laranja (UFV)	28,06	28,45
Café vermelho especial (Francisco)	34,27	34,42
Café vermelho especial (Francisco)	34,27	34,51
Café vermelho especial (Francisco)	34,27	34,33
Café amarelo especial (Francisco)	5,22	5,36

Café amarelo especial (Francisco)	5,22	5,49
Café amarelo especial (Francisco)	5,22	5,47
Café Conilon vermelho	35,38	35,61
Café Conilon vermelho	35,38	35,43
Café Conilon vermelho	35,38	35,01
Café Conilon laranja	19,07	19,26
Café Conilon laranja	19,07	19,55
Café Conilon laranja	19,07	19,46
Café Conilon amarelo	5,44	5,14
Café Conilon amarelo	5,44	5,11
Café Conilon amarelo	5,44	5,09
Café Conilon verde	0,00	0,00
Café Conilon verde	0,00	0,00
Café Conilon verde	0,00	0,00

Fonte: O autor.

5.4 Aplicação do projeto como tema gerador no ensino médio

No mês de outubro de 2022 foi realizado uma aula de química com as turmas do 3º ano ensino médio da escola da Escola Estadual Interventor Júlio de Carvalho.

Em virtude da falta de um laboratório de ciências e de reagentes necessários para a realização das práticas, este projeto foi dividido em etapas, afim de reduzir os custos de materiais e proporcionar aos alunos uma maior assimilação do conteúdo ministrado.

Inicialmente, uma aula experimental, utilizando-se de refratômetro, para determinação de grau *brix* de amostras de cafés especiais colhidos na região. Esta aula experimental demonstrativa facilitou por parte dos alunos da compreensão de açúcares presentes nas amostras analisadas, bem como, o ponto ideal de colheita do fruto.

Posteriormente, foi realizada uma cromatografia em camada delgada (CDD), como método de separação de antocianinas utilizando de materiais de baixo custo, nesta aula além da parte prática, houve uma aula expositiva onde foram tratados os temas como: processo de separação de misturas, as propriedades das antocianinas na pigmentação de frutas e os seus benefícios no organismo humano, o reconhecimento de funções orgânicas presentes na substância citada.

Após isso, foi utilizado o aplicativo de smartphone PhotoMetrix®, como espectrômetro de mão para determinação de antocianinas em amostras de cafés especiais. Com auxílio do aplicativo e de uma câmara de reflexão na construção de uma curva analítica para obtenção de resultados mais precisos na determinação do composto em amostras analisadas.

Após as práticas realizadas, foi feita uma roda de conversa com o objetivo de discutir o que foi trabalhado em sala de aula, se o projeto atingiu os resultados esperados, o que os alunos avaliaram sobre todo o conteúdo passado e como foi o processo de introdução as práticas digitais como forma de assimilação do conteúdo de Química.

6. CONCLUSÃO

O método de regressão por mínimos quadrados parciais se mostrou uma ferramenta promissora para possíveis aplicações de controle de qualidade na avaliação rápida do teor de STD em amostras de café. O modelo apresentou um R^2 de 0,9998 e um RMSEC de apenas 0,1472. Além disso, o fato de se usar apenas o smartphone como ferramenta analítica, permite agilidade no processo analítico e uma redução de custos e menor geração de resíduos relacionados ao controle de qualidade industrial. Outras etapas ainda são necessárias para aprimorar o modelo que está sendo desenvolvido, com a inclusão de novas amostras de café para melhoria da robustez do modelo desenvolvido. Nos resultados do teor de antocianinas pode-se observar valores próximos usando os métodos alternativos e semelhantes ao método convencional por espectrofotômetro. Com relação as atividades práticas na sala de aula, foram utilizados métodos simples para determinação de substâncias em amostras de cafés, proporcionando uma aula com uma aprendizagem mais significativa e lúcida, e servindo como segmento para possíveis novos projetos relacionados ao estudo de utilização de tecnologias no ensino e aprendizagem de Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. A. **Variabilidade espacial e temporal dos grãos de café produzidos na Região Serrana de Minas**. 2009. 135 f. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização Agrícola; Processamento de produtos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/675>

ALVES, R. C.; CASA, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café: mito ou realidade? **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2169-2180, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800031>

ALMEIDA, D. L. **Teor de grau brix em progênesis de cafeeiros de grãos graúdos. "BIG COFFEE VL"**. Universidade Federal de Lavras - MG.2018.

ARAÚJO, E. **O ponto ideal da colheita do café vai além da cor**. EMBRAPA. RO. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52134769/artigo---o-ponto-ideal-de-colheita-do-cafe-vai-alem-da-cor>

BARBOSA, M. R.; PEREIRA, K. C. M.; DOS SANTOS, K. A. Utilizando o Edmodo como recurso tecnológico Associado à Metodologia tradicional no ensino da matemática. **HOLOS**, v. 6, p. 1-16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.7669>

BOBBIO, F. O.; DRUZIAN, J. I.; ABRÃO, P. A.; BOBBIO, P. A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*). **Food Science and Technology**, v. 20, n. 3, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612000000300018>

BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 188. 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf

BRAGA, M. Realidade virtual e educação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, p.18, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50010104>

CASTAÑEADA, L. M. F. **Antocianinas: O que são? Onde estão? Como atuam?** Seminário Apresentado. UFRGS- RS. 2009.

CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. **Café: Desenvolvimentos recentes**. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2001

COLLINS, C. H. O Desenvolvimento da Cromatografia em Camada Delgada. **Scientia Chromatographica**, v. 2, n. 1, p. 5-12. Campinas- SP. 2010

COSTA, D. O. **Antocianinas como fotoprotetores naturais**. Dissertação de Mestrado. 2012. Universidade de Coimbra – Portugal. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10316/25097>.

COUTINHO, M. R. **Obtenção de antocianinas presentes no repolho roxo (*Brassica oleracea*)**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC. 2002. Disponível em: 10.13140/RG.2.1.4468.0168

EL HALAL, S. L. M. **Composição, processamento e qualidade do café**. Universidade Federal de Pelotas - RS. 2008. Disponível em: https://blog.ucoffee.com.br/ucoffee_blog/wp-content/uploads/2018/06/cafeina-e-quimica-do-cafe.pdf

FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Editora da Unicamp, Campinas – SP, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788526814714>

FREITAS, V. O mundo colorido das antocianinas. **Revista da Ciência Elementar**, v. 7, 2019. Disponível em: 10.24927/rce2019.017

GALLO, L. V. **Determinação de parâmetros de qualidade em bananas utilizando espectroscopia no infravermelho e calibração multivariada**. Dissertação de

Mestrado. Universidade de Campinas - SP. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2008.469891>

GATTO, M. A.; MEDEIROS, J. V.; SOUZA, F. P. **Analisando os benefícios do consumo de café para a saúde humana**. inesul.edu/revistas e artigos. Londrina-PR. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23939>

GEMECHU, F. G. Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, p. 235-261, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.005>

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. p. 19. Atlas, São Paulo. 2007

GRASEL, F. S.; FERRÃO, M. F.; HELFER, G. A.; COSTA, A. Principal Component Analysis of Commercial Tannin Extracts Using Digital Images on Mobile Devices. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, p. 2372-2377, 2016. Disponível em: [10.5935/0103-5053.20160135](https://doi.org/10.5935/0103-5053.20160135)

GRESCZYSCZYN, M. C. C.; CAMARGO FILHO, P. S.; MONTEIRO, E. L. Aplicativos Educacionais para Smartphone e sua Integração Com o Ensino de Química. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 5, p. 398-403, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2016v17n5p398-403>

HARTENSTEIN, D. J.; ELICEIRI, V.; K.; CARDONA, A. P. T.; FIJI: an open-source platform for biological-image analysis. **Nature Methods**, v. 9, n. 7. p. 676-682, 2012. Disponível em: [10.1038/nmeth.2019](https://doi.org/10.1038/nmeth.2019)

HELPER, G. A.; MAGNUS, V. S.; BÖCK, F. C.; TEICHMANN, A.; MARCO F.; FERRÃO, M. F.; COSTA, A. B. PhotoMetrix: an application for univariate calibration and principal components analysis using colorimetry on mobile devices. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 28, n. 2, p. 328-335. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20160182>

JESUS, D.: FILHO, N. J. G. O café nosso de cada dia: investigação da influência de uma situação de estudo no processo de ensino aprendizagem de ciências da natureza no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 108-132, 2018. Disponível em: 10.3895/rbect.v11n1.5370

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, (Supl. 1), p. 36-38, 2003.

KALSCHNE, D. L.; BIASUZ, T.; De CONTI, A. J.; VIEGAS, M. C.; CORSO, M. P.; BENASSI, M. T. Sensory characterization and acceptance of coffee brews of *C. arabica* and *C. canephora* blended with steamed defective coffee. **Food Research International**, v. 124, p. 234-238, 2019. Disponível em: 10.1016/j.foodres.2018.03.038

LIMA, F. A.; SANT'ANA, A. E. G.; ATAÍDE, T. R.; OMENA, C. M. M. B.; MENEZES, M. E. S.; VASCONCELOS, S. M. L. Coffee and human health: A focus on the substances of the beverage related cardiovascular disease. **Revista Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1063-1073. 2010. Disponível em:10.1590/S1415-52732010000600012

LOPES, T. J.; XAVIER, M.; QUADRI, M. G.; QUADRI, M. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1375>

LOUREIRO, L. **Tecnologias digitais no ensino da Química: O uso de recurso digital como instrumento facilitador no processo de aprendizagem**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Internacional- UNITER. 2018. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/handle/1/794>

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. *Química Nova*, v. 30, n. 1, p. 99-105, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000100021>.

MARQUET, R. D. L.; NICHELE, A. G. Reaproveitamento da Borra do Café: possibilidades de vincular a temática ao Ensino de Química. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v. 7, n. 1, Edição Especial 4º Seminário de Pós-Graduação do IFRS, p: 220-235, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.35819/scientiatec.v7i1.4136>

MORELI, A. P.; SOARES, S. F.; DONZELETES, S. M. L. **Brix da água usada na degomagem do cereja descascado e da casca de duas variedade de café.** biblioteca.incapex.es.gov.br. 2017

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Food Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200033>.

NUNES, A. S.; ARDONI, D. S. **O ensino da Química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga- BA: O olhar dos alunos.** In. Encontro Diálogo Interdisciplinar- 2010. Vitória da Conquista- BA. 2010. Disponível em: [10.37885/231014694](https://doi.org/10.37885/231014694)

PAULA, N. C. C.; SILVA, F. C. Café (COFFEE L): Matéria-prima, processamento e qualidade. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10, n. 4, p. 144-165, 2019. Disponível em: [10.3895/rembrapa.v10n4.12630](https://doi.org/10.3895/rembrapa.v10n4.12630)

PINTO, N.; Della Lucia, S. M.; Saraiva, S. H.; Lima, R. M. Avaliação de componentes químicos de padrões de bebida para o preparo de café expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 333-339, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040001>

RASBAND, W.S. **ImageJ. Maryland.** Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>.2013.

REIS, D. A. **Como a medição da quantidade de açúcar no fruto do café auxilia na qualidade.** Coffeandjoy.com.br. 2020. Disponível em: <https://blog.coffeandjoy.com.br/quantidade-de-acucar-no-fruto-do-cafe-e-qualidade>

SANDI, D. Extração do óleo de café e diterpenos do café com CO₂ supercrítico. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2003. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/483>.

SANTOS, D. S.; SOUZA, A. S.; ROZA, F. G. M. G. **A interdisciplinaridade implícita na pedagogia e obras de Paulo Freire**. Simpósio Internacional de Educação e Comunicação - SIMEDUC. PUC-Rio. RJ. 2020. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/simeduc/article/view/13525>

SANTOS, L. R. D.; MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquisa e Educação**, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940>

SILVA, J. C.; MARTINS, C. M.; SILVA, R. V. Elaboração de uma sequência didática no ensino de Química estruturada em uma metodologia ativa com tema gerador: o café. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e459997253, 2020.

SILVA, J. C.; NOVAES, Y. R. **Análise da temática café no ensino de Química através dos livros didáticos do PNDL: Aplicações e possibilidades**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) IFG. Intumbiara-GO. 2020. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1236>

SILVA, R. S.; RIBEIRO, C. M. R.; BORGES, M. N.; BLOIS, G. S. O. Óleo essencial de limão no ensino da cromatografia de camada delgada. **Química Nova**, v. 32 n. 8, p. 2234-2237, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800042>.

SOUZA, V. B. **Aproveitamento dos subprodutos de vinificação da uva Bordô (*Vitis labresca*) para obtenção de pigmentos com propriedades funcionais**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Departamento de Ciências de Alimentos. Pirassununga- SP. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D-74.2013.tde-19042013-084817>.

SUPLICY, E.M. **Brasil se consolida na tradição de grande produtor mundial de café.** Esal. USP. Br. 2013

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. **Comparação de métodos para quantificação de antocianinas.** Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/20655>. Viçosa – MG. 2007

ULATE, E. C. C.; RODRÍGUEZ, P. E. Ácidos clorogênicos presentes no café: capacidade antioxidante e antimicrobiana. **Agronomia Mesoamericana**, v. 30, n. 1, p. 299-311, 2019. Disponível em: 10.15517/am.v30i1.32974.

VALENTE, J. A. **Informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica.** In: VALENTE, José Armando (org.). O Computador na Sociedade do Conhecimento. Campinas: UNICAMP / NIED, 1999, pp. 01-27. Disponível em: https://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/o_computador_na_sociedade.pdf

APÊNDICE

PRODUTO EDUCACIONAL Cartilha a ser aplicada em sala de aula*.

Título: Smartphones na escola: aplicativos para aprendizagem de química e determinação de grau brix e antocianinas no café.



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

UFV
Universidade Federal de Viçosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Departamento de Química
Mestrado Profissional em Química
Francisco Anésio Roza Leonardo

PRODUTO EDUCACIONAL



SMARTPHONES NA ESCOLA: APLICATIVOS PARA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE GRAU BRIX E ANTOCIANINAS NO CAFÉ.

MOMENTOS PEDAGÓGICOS:
PRIMEIRO MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO DA TEMÁTICA "CAFÉ"

Apresentação uma matéria no site www.sistemafaesmg.org.br, intitulada "Produtor mineiro tem o segundo melhor café do Brasil na SIC."

RODA DE CONVERSA.

- ORIGEM DO CAFÉ.
- SUBSTÂNCIAS PRESENTES NO CAFÉ.
- O CAFÉ E SUA LIGAÇÃO COM A ECONOMIA LOCAL.
- APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO SOBRE A TEMÁTICA "CAFÉ".

QUESTIONÁRIO APLICADO NA SALA DE AULA, com objetivo de verificar o conhecimento do aluno e a percepção a cerca do tema Café , quantos alunos utilizam do plantio e colheita do café na agricultura familiar, e a importância do CAFÉ com a economia da cidade de Espera Feliz-MG.

Idade:

- 1- Você tem o hábito de consumir café? () SIM () NÃO
- 2- Com qual frequência?
- 3- Qual a sensação que você sente ao tomar café?
- 4- Conhece alguma substância presente no café?
- 5- A economia da sua família gira em torno do plantio e colheita do café? () SIM () NÃO.
- 6- Qual a sua percepção do plantio do café para a economia da sua cidade?
- 7- Em meio a pandemia do COVID 19, qual foi a importância do café para sustentar a economia de sua cidade.

SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO: A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:

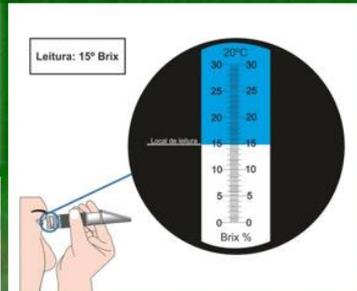
Neste momento pedagógico foi feita uma pesquisa no laboratório de informática da EE Interventor Julio de Carvalho sobre os principais temas:

- O que é o BRIX do café?
- O que são antocianinas e quais as funções destas substâncias no organismo humano?
- Quais funções orgânicas presentes no café e nas antocianinas?

Uma vez realizada a pesquisa, os alunos já adquirem um conhecimento prévio sobre os principais temas norteadores desta pesquisa, isso faz com que haja uma maior familiaridade dos discentes com a temática CAFÉ.

TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO: A APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.

DETERMINAÇÃO DE BRIX A PARTIR DE UM REFRACTOMETRO PORTÁTIL.



Utilizando-se de amostras de cafés com aspectos diferentes e um refratômetro de Brix portal é possível determinar a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes nestas amostras, possibilitando ao identificar a quantidade de açúcares presentes em cada amostra.

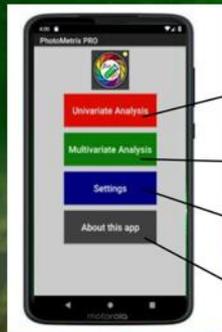
DETERMINAÇÃO DE BRIX UTILIZANDO APLICATIVO DE SMARTPHONE PHOTOMETRIX PRO.

PARA CONSTRUÇÃO DE CURVA ANALÍTICA.

CABINE COLETORA DE DADOS



- Baixar o aplicativo PhotoMetricPRO gratuitamente pelo para Smartphones pelo Play Store.
- Amostras de cafés in natura com aspectos diferentes.
- Realizar cortes transversais nestas amostra, de modo a extrair parte da polpa para aquisição das imagens.
- Posicionar a câmera do celular sobre a amostra a ser analisada.
- No menu acessar o recurso de “análise multivariada”.
- Capturar imagem.



Análise multivariada



Cromatografia em camada delgada (CCD)

Materiais:

- câmara fechada (cuba) contendo o solvente (fase móvel)

Reagentes:

- amostras contendo extratos de antocianina
- placas de alumínio siliconadas próprias para o experimento
- recipiente de vidro fechado
- tubos capilares
- 4 mL de etanol
- 1 mL de vinagre
- 5 mL de água destilada

Procedimentos:

Após a eluição, retirar a placa da cuba e secar com ajuda de um secador de ar quente. A placa foi introduzida na câmara contendo luz ultravioleta ($\lambda = 254 \text{ nm}$).

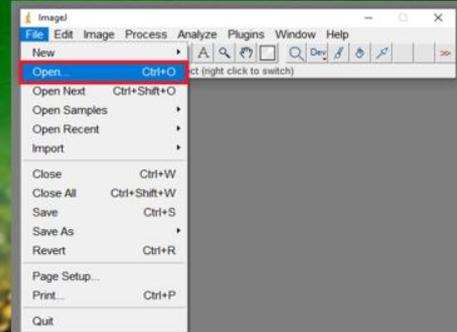
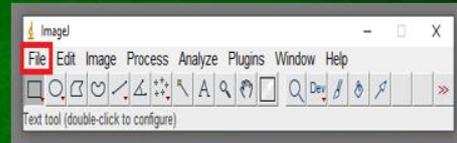


DETERMINAÇÃO DE ANTOCIANINA UTILIZANDO O PROGRAMA DE SOFTWARE IMAGEJ.

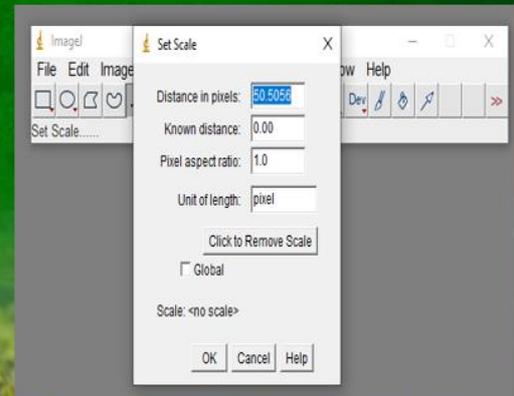
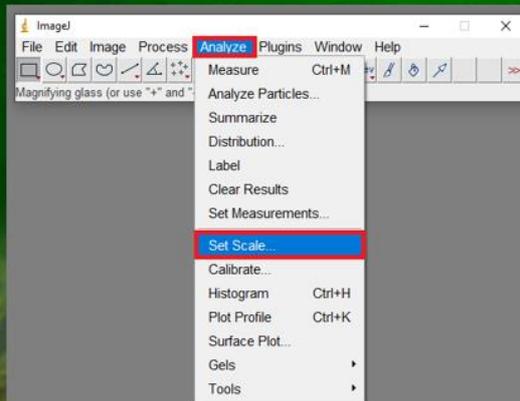
Primeiramente, realize o download do programa que está disponível gratuitamente na página:

<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>.

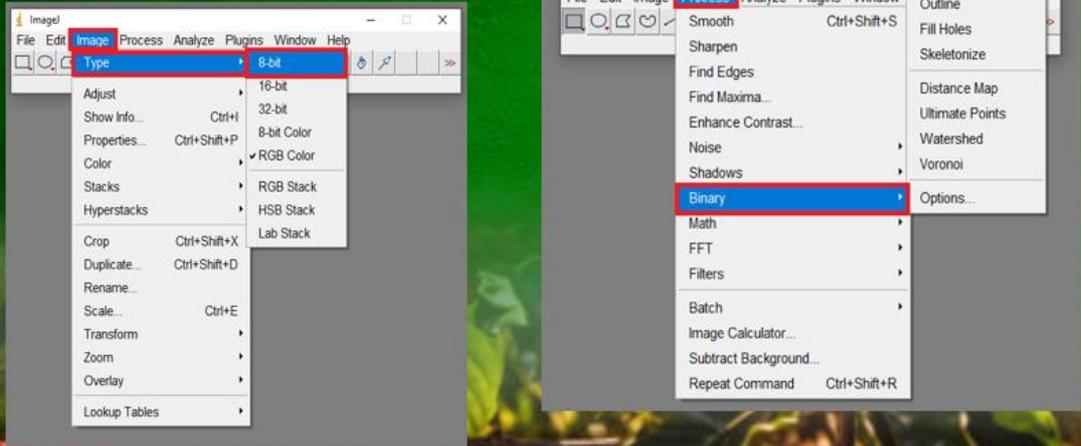
O Programa foi executado em sua pasta, clicando no ícone que possuía a imagem de microscópio. Clicando na opção **File**, uma janela foi aberta e clicamos na opção **Open**



A seguir, selecione a opção **Analyze** (a), no menu principal, e na caixa aberta **Set Scale** (b), uma nova aba será aberta e deve ser selecionada a opção **Known distance** (b), onde se insere o número 1 e na opção **Unit of length** (b) inserir a unidade de medida em cm. Ao final do procedimento, selecionar **OK**. Após esta etapa, volta para tela inicial.



O próximo passo é clicar na opção **Image**, localizada na tela inicial e em seguida na opção **Type** e **8-bit** (a). A seguir é selecionada a opção **Process** (b) na barra da tela inicial, em seguida **Binary** (b) e em **Make Binary** (b).



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 **Measure** (b) e nova janela chamada **Results** (c) irá aparecer. O mesmo procedimento de seleção deve ser usado para as demais manchas.

