

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PÂMELA MARTINS MUGICA

PHOTOMETRIXPRO®: UMA ALTERNATIVA PARA PRÁTICAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS NO ENSINO DE BIOQUÍMICA

Uruguiana

2022

PÂMELA MARTINS MUGICA

PHOTOMETRIXPRO®: UMA ALTERNATIVA PARA PRÁTICAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS NO ENSINO DE BIOQUÍMICA

Defesa de dissertação do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre Bioquímica.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Roehrs

Uruguiana

2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M951p Mugica, Pâmela Martins

PhotometrixPRO®: UMA ALTERNATIVA PARA PRÁTICAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS NO ENSINO DE BIOQUÍMICA / Pâmela Martins Mugica.

76 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM BIOQUÍMICA, 2022.

"Orientação: Rafael Roehrs".

1. Ensino de Bioquímica. 2. Espectrofotometria. 3. Aplicativo de smartphone. 4. Photometrix. 5. Metodologias ativas. I. Título.

PÂMELA MARTINS MUGICA

***PhotometrixPRO®*: UMA ALTERNATIVA PARA PRÁTICAS ESPECTROFOTOMÉ-
TRICAS NO ENSINO DE BIOQUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestra em Bioquímica.

Dissertação defendida e aprovada em: 08, dezembro e 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Roehrs
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Edward Frederico Castro Pessano
UNIPAMPA

Prof. Dr. Elton Luis Gasparotto Dernardin
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **RAFAEL ROEHRS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/01/2023, às 14:57, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EDWARD FREDERICO CASTRO PESSANO, Pró-Reitor de Gestão de Pessoas**, em 19/01/2023, às 15:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ELTON LUIS GASPAROTTO DENARDIN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/01/2023, às 08:34, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1033731** e o código CRC **2A60EC97**.

Dedico este trabalho aos meus filhos Maria Olívia e Douglas, por terem sido a minha maior motivação ao mesmo tempo em que foram o meu maior desafio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro à Deus, por ter permitido que tudo acontecesse, no tempo Dele e não no meu;

Ao Prof. Dr. afael Roehrs, meu orientador neste trabalho, por ter acreditado em mim, e ter me conduzido com sabedoria e carinho, até mesmo quando eu própria não acreditava ser possível;

Aos professores do curso de Mestrado em Bioquímica da Unipampa Uruguaiana pelos ensinamentos e provocações;

Aos colegas do PPG Bioquímica, pela paciência, talento e comprometimento com que acolhem à equipe e ensinam o que já sabem;

À minha família pelo suporte que me deu desde o início;

Ao meu esposo, Leonardo pelo incentivo e motivação diários.

Aos meus filhos por serem a minha maior motivação diária.

Por fim, a mim, por ser perseverante, forte, determinada, destemida e inconformada.

“Mesmo quando tudo parece desabar,
cabe a mim decidir entre rir ou chorar,
ir ou ficar,
desistir ou lutar,
porque descobri, no caminho incerto da vida,
que o mais importante é o decidir”.

Cora Coralina

RESUMO

As atividades práticas no ensino do componente curricular de bioquímica são necessárias para que ocorra a construção do conhecimento, principalmente por ter conteúdos de difícil compreensão. Durante a pandemia as aulas presenciais foram substituídas pelo Ensino Remoto Emergencial (ERE) para manter o isolamento social. Porém, houve a inviabilidade da realização de aulas práticas, o que afetou diversas áreas, entre elas, a de bioquímica. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar se o uso do aplicativo (*App*) de *smartphone*, *PhotometrixPRO*[®], para aulas práticas de espectrofotometria pode auxiliar no entendimento dos conteúdos de bioquímica, como as biomoléculas e os instrumentos analíticos para suas medições. Para tanto, foi realizada uma oficina síncrona com as seguintes etapas: 1) a contextualização das biomoléculas, instrumentos analíticos de espectrofotometria e o do *App*, 2) envio de atividades e, 3) a realização de uma aula prática com medições de uma amostra de maneira remota síncrona com o *App*. A análise e avaliação das atividades ocorreram em momentos síncronos e assíncronos com um total de seis alunos ($n = 6$) em toda a oficina dos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Química e Ciências da Natureza licenciatura. Ao final da oficina, comparamos os dados da atividade prática como o *Photometrix* com as de um espectrofotômetro de bancada, além da avaliação das atividades enviadas, interação dos estudantes nos encontros realizados e os efeitos das atividades propostas na oficina no processo ensino aprendizagem pela visão discente. As atividades enviadas pelos alunos foram dentro do esperado, uma vez que eles souberam responder todas as questões dentro do que foi ministrado nos encontros virtuais. Foi possível a construção do conhecimento nas áreas de bioquímica (biomoléculas), química (área da analítica) e de matemática (diluição de soluções). Houve a interação dos alunos, mesmo a distância, uma vez que também foram utilizadas plataformas digitais (*Google Classroom*), e-mail e grupo da oficina via *WhatsApp*. O uso do *PhotometrixPRO*[®] permitiu que todos os alunos fizessem leituras semelhantes ao espectrofotômetro de bancada de laboratório. Esse trabalho mostrou ser possível a realização de medições espectrofotométricas usando como instrumento analítico um aplicativo de *smartphone*, ampliando a possibilidade da realização de práticas fora do ambiente da sala de aula ou laboratório físico.

Palavras-Chave: Espectrofotometria; TDICs; Ensino; Analítica; Aplicativo.

ABSTRACT

Practical activities in the teaching of the biochemistry curricular component are necessary for the construction of knowledge to occur, mainly because they have contents that are difficult to understand. During the pandemic, face-to-face classes were replaced by Emergency Remote Teaching (ERE) to maintain social isolation. However, it was impossible to carry out practical classes, which affected several areas, including biochemistry. In this sense, the objective of this work was to verify the understanding of biochemistry contents, such as biomolecules and analytical instruments for their measurements. In addition, we sought to verify the use of the smartphone application (App), PhotometrixPRO®, for practical spectrophotometry classes. For this, a synchronous workshop was carried out with 1) the contextualization of biomolecules, analytical instruments of spectrophotometry and the App, 2) sending of activities and, 3) the realization of a practical class with measurements of a sample in a synchronous remote with the App. The analysis and evaluation of the activities took place in synchronous and asynchronous moments with students ($n = 8$) of the undergraduate courses in Chemical Engineering, Food Engineering, Chemistry and Natural Sciences. At the end of the workshop, we compared the data from the participants' practical activity with those from a benchtop spectrophotometer, in addition to evaluating the activities sent, student interaction in the meetings held and the effects of the activities proposed in the workshop on the teaching-learning process through the student's vision. The activities sent by the students were as expected, since they were able to answer all the questions within what was taught in the virtual meetings. It was possible to produce the construction of knowledge in the areas of biochemistry (biomolecules), chemistry (analytical area) and mathematics (dilution of solutions). The students interacted, even at a distance, since digital platforms (Google Classroom), email and the workshop group via WhatsApp were also used. Using PhotometrixPRO® allowed all students to take readings like the laboratory bench spectrophotometer. This work showed the importance of holding workshops as forms of curricular extension, in addition to the accessibility of an analytical instrument for practical spectrophotometric classes in biochemistry.

Keywords: Spectrophotometry; TDICs; Teaching; analytics; Application.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interface inicial do App PhotometrixPRO®.....	31
Figura 2. Configurações do App.....	31
Figura 3. Opções de análise.....	32
Figura 4. Escolha o modo de análise e a ação que deseja realizar.....	32
Figura 5. Modo calibração.....	33
Figura 6. Equação da reta e geração da curva de calibração.....	34
Figura 7. Gráfico da curva de calibração.....	34
Figura 8. Mapa mental resultante da Análise dos mapas mentais dos participantes.....	65
Figura 9. Análise realizada no laboratório com espectrofotômetro de bancada	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

App - Aplicativo, do inglês: “application”.

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

Mobile Learning – tradução do inglês: “aprendizagem móvel”.

Online - tradução do inglês: “na linha”.

Smartphone - tradução do inglês: “telefone inteligente”.

World Wide Web – tradução do inglês: “rede mundial de computadores”.

APRESENTAÇÃO

Descobri a vocação para docência há bastante tempo em minha vida, desde quando nas brincadeiras de infância, eu sempre era a professora. Fui uma aluna dedicada durante os anos da educação básica em escolas públicas, durante o ensino médio já dava aulas particulares. Cursar a biologia sempre foi um sonho, trabalhar na área ambiental se tornou uma paixão. Durante a caminhada foi preciso trabalhar e abrir mão de alguns estágios não remunerados que eu sempre quis fazer, acabava sempre na docência, e me saía muito bem.

Após a graduação novos horizontes foram surgindo. Há dez anos o Mestrado em Bioquímica se tornara um sonho em minha vida, que há menos tempo transformei em uma meta atingível, e com muitos percalços, fui conquistando dia após dia, os meus objetivos dentro da UNIPAMPA Campus Uruguaiana. Cada disciplina me encantava e eu me dedicava cada vez mais. Acolhida por um orientador e uma equipe fora de série, fui surpreendida por uma gestação, meu projeto precisou ser revisto após o primeiro ano, e precisamos decidir migrar de um projeto na área ambiental para um projeto na área do ensino. Entre trocas e pesquisas chegamos ao *PhotoMetric* e suas aplicações à bioquímica, que somados ao contexto pandêmico culminaram no resultado que vos apresento aqui. Espero que este trabalho esteja à altura da equipe que me acolheu, e que possa ajudar outros estudantes em suas construções acadêmicas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo Geral.....	23
3 REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1 Ensino de Bioquímica na graduação e as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs).....	24
3.1.1 Uso de aplicativos de smartphone.....	25
3.3 Oficina como ferramenta pedagógica.....	26
3.3 Ensino Remoto Emergencial (ERE).....	27
3.5. METODOLOGIA DA PESQUISA	27
3.6 Aplicação do <i>PhotometrixPRO</i> ® na prática de ensino.....	28
4. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1 Manuscrito: <i>PhotometrixPRO</i> ®: uma alternativa para aulas práticas de espectrofotometria no ensino de Bioquímica.....	35
FICHA DA ATIVIDADE	35
RESUMO	38
ABSTRACT	39
1 INTRODUÇÃO	40
2. PROCEDIMENTOS E RECURSOS	42
2.1 Caracterização da população amostral.....	42
2.2 Critérios de inclusão e exclusão.....	43

2.3	Elaboração e realização da Oficina.....	43
2.4	Coleta dos dados	44
2.5	Análise dos dados.....	44
2.6	Roteiro da atividade.....	44
	Primeiro encontro.....	45
	Segundo encontro	46
	Terceiro encontro	47
2.7	Instrumentos avaliativos.....	48
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
	Análise dos mapas mentais.....	51
	Atividade da construção da curva de calibração	54
	Impacto no ensino-aprendizagem: Análise das respostas dos discentes ao questionário avaliativo da oficina	59
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5	DISCUSSÃO GERAL.....	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO I.....	74
	Instrumento diagnóstico para realização de atividade remota	74
	ANEXO II.....	75
	Página na plataforma digital <i>Google Classroom</i>	75
	ANEXO III	77
	Roteiro da prática	77

1 INTRODUÇÃO

A bioquímica caracteriza-se por ser uma área da biologia na qual se estuda os processos químicos dos seres vivos (NELSON; COX, 2019; VOET; VOET; PRATT, 2014). É um componente curricular da graduação em que os discentes apresentam dificuldades em seu processo de aprendizado, por estudar processos biológicos e químicos que ocorrem, em sua maioria, na parte interna dos organismos. Muitas vezes essa dificuldade está atrelada à falta de conhecimento prévio de química e da conexão das reações moleculares, que não estão ao alcance do olhos, por ocorrerem internamente nos organismos vivos (SCHIMIDT et al., 2014). Além disso, a abordagem de forma fragmentada dos conteúdos torna o entendimento desconexo, comprometendo o entendimento de vias metabólicas que coexistem (GARCÊS; SANTOS; OLIVEIRA, 2018). Portanto, a bioquímica, tanto na aula teórica quanto na prática, muitas vezes se apresenta muito abstrata para os alunos.

A espectrofotometria por sua vez, tem uma grande importância no processo formativo na área da bioquímica e das ciências em geral, pois dentro dela existem muitas técnicas analíticas com o objetivo de identificar a concentração de substâncias nas mais diversas matrizes através da interação da luz com a matéria, sendo assim, a espectrofotometria é um dos principais métodos analíticos utilizados para elucidar a bioquímica, aplicado em aulas práticas de laboratório e mais recentemente ganhando espaço a campo, através do uso de aplicativos que tornam mais acessível e barata a técnica para um número maior de alunos de forma simultânea. Um maior contato com aulas práticas aproxima o discente do universo microscópico das moléculas e suas reações, auxiliando no processo de ensino e aprendizagem. O uso frequente dos aparelhos de tecnologia, por sua vez, torna democrático o acesso a esse conhecimento, colocando em prática o conceito de *mobile learning* (aprendizagem móvel) com os telefones celulares hoje na palma da mão.

As aulas práticas no ensino de Bioquímica podem trazer grandes contribuições para o processo de ensino aprendizagem. Elas complementam a teoria dos conteúdos, auxiliam na construção de uma visão crítica autônoma e facilitam a compreensão do estudante e ajudam a estabelecer relações (DE LIMA; GARCIA, 2011). Porém, a

compreensão destas pelos estudantes depende, geralmente, de conceitos prévios sobre o experimento e procedimentos realizados (DE LIMA; GARCIA, 2011).

Uma alternativa para o ensino aprendizagem em sala de aula de conteúdos menos concretos é a inserção dessas novas tecnologias, chamadas de metodologias ativas. Essas ferramentas podem auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem, já que permitem promover a autonomia dos estudantes, e do professor como o mediador desse processo educativo (BACICH; MORAN, 2018).

O crescimento em inovações tecnológicas vem ocorrendo de maneira rápida, e no processo ensino e aprendizagem esse cenário da inserção de recursos *online* digitais não é diferente. Com a COVID19, houve uma mudança repentina e abrupta, pois, a única forma de manter o distanciamento social e promover o ensino dos conteúdos foi através dos meios digitais e *online* (MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020). Um dos recursos digitais que vem ganhando destaque é a utilização dos aplicativos (*Apps*) (FONSECA DE OLIVEIRA; ALENCAR, 2017). Os *smartphones* e os *Apps* são considerados benéficos dentro das inovações metodológicas, através do incentivo do letramento digital. Uma vez que a utilização de *smartphones* já é usual no cotidiano dos discentes, seu uso como ferramenta pedagógica torna possível o desenvolvimento do ensino e aprendizagem de maneira confiável (RODRIGUES et al., 2015).

Dessa maneira, os objetivos específicos dessa pesquisa foram (i) verificar a eficácia do *PhotometrixPRO*®, para aulas práticas de espectrofotometria em comparação ao equipamento convencional de laboratório (espectrofotômetro); ii) avaliar a aprendizagem do conteúdo de bioquímica (biomoléculas) e de instrumentos de espectrofotometria ministrados em uma oficina pedagógica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi verificar o potencial do *App PhotometrixPRO*® como instrumento analítico em substituição ao espectrofotômetro de bancada em aulas práticas de espectrofotometria;

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar se a realização de uma oficina de bioquímica no modo remoto, pode auxiliar na construção do ensino e aprendizagem da teoria e da prática de biomoléculas na visão de discentes.
- Avaliar o aprendizado interdisciplinar dos participantes nos conteúdos trabalhados na área de bioquímica (biomoléculas), química analítica (espectrofotometria) e matemática (diluições) da oficina.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Ensino de Bioquímica na graduação e as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs)

O estudo da bioquímica nos proporciona a compreensão de como o conjunto de moléculas inanimadas que constituem os organismos vivos interage para manter e perpetuar a vida. Ou seja, é uma ciência voltada principalmente para a química dos processos biológicos que ocorrem em todos os seres vivos (NELSON; COX, 2019; VOET; VOET; PRATT, 2014). Devido a abrangência da sua área, essa disciplina está presente na estrutura curricular e tem posição de destaque em quase todos os cursos de graduação nas áreas da saúde humana e animal e, das ciências (DIAS et al., 2013; GOMES; RANGEL, 2006).

De acordo com Nelson e Cox (2019), a bioquímica depende de instrumentos sofisticados para mostrar a arquitetura e o funcionamento de sistemas inacessíveis aos sentidos humanos, e assim, modificar nossa compreensão sobre ela. Essas ferramentas incluem novas técnicas de laboratório, como grandes bancos de dados públicos que se tornaram indispensáveis aos pesquisadores. Portanto, essa é uma ciência que apresenta conteúdos com diferentes graus de abstração.

A utilização de ferramentas que facilitem a construção do conhecimento pode ser benéfica na questão relacionada à conteúdos que não são concretos. Aliá-las no sistema tradicional de educação pode se tornar uma tarefa difícil. Isso porque a educação tradicional é caracterizada pelo que FREIRE (1987) conceitua como ensino “bancário”, onde o professor é o detentor do saber e deposita o conteúdo programático e pré-definido no aluno, que se torna um ser passivo. Dentre as estratégias pedagógicas que existem para tornar os estudantes protagonistas do seu conhecimento e permitir um melhor entendimento de conteúdos abstratos, existem as TDICs. A inserção dessas novas tecnologias, chamadas de metodologias ativas, pode auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem, já que permitem promover a autonomia dos estudantes, e o professor como o mediador desse processo educativo (BACICH; MORAN, 2018).

As metodologias ativas visam o saber fazer, ou seja, que o discente tenha autonomia dentro do seu processo de ensino-aprendizagem, não aceitando tudo, e sim,

questionando para ter um aprendizado. Pois a passividade dos discentes não leva à construção do conhecimento, e sim à mecanização dele através da memorização (NASCIMENTO; FEITOSA, 2020). Assim, as metodologias ativas levam à autonomia do processo de ensino-aprendizagem, para que haja, através de discussões, arguições e atividades, um ensino de qualidade (PINHEIRO; BATISTA, 2018).

Considerando que houve um aumento na utilização de ferramentas tecnológicas (computadores, smartphones e tablets) pelo ser humano, torna-se imprescindível aliar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) em projetos pedagógicos (NEVES, 2014). Com a informatização dos recursos, *smartphones* conectados à *internet*, temos acesso à informação com maior facilidade. Basta saber quais são as informações confiáveis, e o quanto relevante são para que sejam utilizadas em sala de aula (BACICH; MORAN, 2018). Dessa maneira, a implementação de novos meios para a construção do conhecimento pode promover uma educação mais rica, atrativa e significativa. Além disso, o computador, a internet, a *World Wide Web* e as mídias móveis, (celulares, smartphones, iPods e tablets), proporcionam a interligação entre pessoas em redes. Ou seja, quando situadas em locais e tempos diferentes, promovem mudanças de comportamento e diferentes maneiras de se comunicar, ensinar e aprender (ARAÚJO, 2014).

3.1.1 Uso de aplicativos de smartphone

Os *smartphones* são dispositivos móveis, portáteis, com multimídias, que possibilitam um conjunto de alternativas que podem ser exploradas para a aprendizagem, denominadas de *Mobile Learning* (tradução do inglês: aprendizagem móvel) (FONSECA, 2013).

Em uma breve pesquisa no *Google Play Store*, no *menu Apps* para telefone, utilizando o descritor “bioquímica”, retornaram mais de 220 resultados. Isso mostra que existem inúmeras opções de aplicativos disponíveis para aplicação no ensino de bioquímica para dispositivos Android. Porém, para um melhor aproveitamento, segundo Rosa e Roehrs (2020), é importante que seja estimulada a formação inicial e continuada de docentes, apresentando as TDIC como possíveis facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Os recentes avanços na colorimetria de imagens digitais permitem que um *smartphone* produza uma foto em alta resolução de forma econômica e conveniente. Estes mesmos avanços permitem o desenvolvimento de aplicativos de baixo custo para análise de metais, herbicidas, antibióticos, compostos naturais, vírus, bactérias e diversos indicadores bioquímicos (FAN et al., 2021).

Análises baseadas no espectro de luz são investigadas há muito tempo, porém o uso do *smartphone* como detector analítico é muito recente quando comparado com o uso do espectrofotômetro em laboratório. Cada vez mais dispositivos móveis são explorados como instrumentos analíticos e se tornam importantes no desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a aquisição de dados, seu processamento e a geração de resultados em um mesmo aparelho. Além disso, a implementação de máquinas na leitura de amostras permite a redução de erros e leva a um maior controle em análises externas (BÖCK, 2021).

3.3 Oficina como ferramenta pedagógica

As oficinas se apresentam como atividades extracurriculares de ensino, com o objetivo de ensino, pesquisa e extensão na perspectiva educacional (SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2021). Seu uso é uma estratégia metodológica que favorece o ensino e o processo de ensinar e aprender. Quando bem aplicadas podem ser estruturadas nos três momentos pedagógicos descritos por Delizoicov, Angoti e Pernambuco (2011): Problematização inicial (PI), Organização do conhecimento (OC) e Aplicação do conhecimento (AC) (KRAISIG; BRAIBANTE, 2017). Para que uma oficina seja bem elaborada deve responder à algumas perguntas como: qual tema será trabalhado e por quê?; com quem se vai trabalhar?; quais as características dos participantes?; qual o objetivo pretendido? (RIBEIRO, 2020). Da mesma forma, aliar o ensino de bioquímica com o uso de um App de espectrometria através de uma oficina, com encontros virtuais síncronos e assíncronos, proporciona a disseminação de uma ferramenta alternativa para o aprendizado das análises espectrofotométricas no ensino de bioquímica.

3.3 Ensino Remoto Emergencial (ERE)

Devido a rápida expansão no desenvolvimento de novas tecnologias e das redes de comunicação mundial, o cenário educacional já vem introduzindo novos paradigmas, modelos, processos de comunicação educacional e cenários de ensino e aprendizagem digital (GARRISON, 2010). Porém, com a chegada do coronavírus (COVID 19), essa realidade afetou drasticamente o sistema educacional das instituições, devido a suspensão das atividades letivas presenciais. Assim, houve a obrigatoriedade das instituições, professores e alunos migrarem para a realidade *online*, adotando práticas de ensino a distância, ou seja, práticas de ensino remoto de emergência (MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020).

Através do ERE, os recursos *online* digitais disponíveis que foram utilizados pelos professores foram vídeos feitos (vídeo aula) ou já disponíveis no Youtube, em sistemas de videoconferência, como o *Skype*, o *Google Meet*, o *Google Hangout* ou o *Zoom* e plataformas de aprendizagem, como o *Moodle*, o *Microsoft Teams* ou o *Google Classroom*. Além desses, foi possível montar grupos de usuários pelos aplicativos *WhatsApp* e *Telegram*, a fim de facilitar e aproximar a comunicação entre professores e alunos (MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020). Dessa maneira, foi possível realizar aulas e atividades na modalidade síncrona, e assíncrona. A modalidade síncrona ocorre quando docentes e discentes compartilham ao vivo o mesmo ambiente de aula; e assíncrona, quando ambos acessam as atividades pedagógicas em momentos separados (KAPLAN; HAENLEIN, 2016). Apesar da grande vantagem em relação aos assuntos teóricos e atividades avaliativas, houve um prejuízo às aulas práticas nesse período.

3.5. Metodologia da Pesquisa

Para realização deste trabalho algumas metodologias foram escolhidas e elencadas como as melhores para cada etapa da pesquisa como segue:

A aplicação de questionário *Google Forms* foi elencada como a melhor ferramenta para registro das inscrições dos participantes.

A formação de grupo de whatsapp reuniu a turma da oficina e foi útil para sanar dúvidas dos participantes durante os momentos assíncronos.

A criação de uma sala de aula na plataforma Google Classroom auxiliou na centralização de materiais de apoio, tarefas e aulas, assim como possibilitou o registro de envio de atividades pelos participantes.

O uso de mapas mentais para expressão de resultados de aprendizado permitiu que todo o conhecimento assimilado pelo aluno fosse considerado, não categorizando as respostas como boas ou ruins, e sim com percepções diferentes que refletiram posteriormente na realização da prática e construção do conhecimento de cada participante.

Por fim a “mão na massa” dos alunos com a realização da prática remota ao vivo e também a construção da curva no computador, atividade que fora assíncrona.

O conjunto das metodologias utilizadas permitiu uma melhor expressão e análise dos resultados.

3.6 Aplicação do *PhotometrixPRO*® na prática de ensino

Scanners e câmeras digitais são bons exemplos de dispositivos para captura de imagens, contudo, não são capazes de trabalhar as informações da imagem, necessitando que um computador ou leitor seja acoplado. Em contrapartida, estão os *smartphones*, que podem ser considerados as ferramentas de captura de imagem preferíveis, por conta das imagens de qualidade superior, processadores de alta velocidade e a vasta variedade de aplicativos móveis que podem ser instalados para quantificação de analitos em imagens instantaneamente (FAN et al., 2021).

Estratégias que utilizam aplicativos para *smartphones* e *tablets* no ensino são aquelas que adotam o uso de dispositivos móveis para o registro eletrônico ou virtual de informações geradas em sala de aula, construindo e inserindo imagens, criando vídeos educativos e utilizando a “computação em nuvem” para compartilhar registros entre professores e estudantes. Poucas abordagens empregam estes dispositivos para a construção do conhecimento e de novas ideias, especialmente na área de bioquímica (ALCÂNTARA; FILHO, 2015).

O *PhotometrixPRO*® é um aplicativo brasileiro desenvolvido na Universidade de Santa Cruz do Sul, e foi apresentado para o meio acadêmico em 2016 através de artigo científico. *PhotometrixPRO*® foi desenvolvido para realização de análises colorimétricas móveis uni e multivariadas, utilizando os dados da imagem capturada pela

câmera do dispositivo e convertendo as imagens em histograma vermelho, verde e azul (RGB). Até o momento ele pode ser instalado em smartphones Android e Windows Phone (HELFER et al., 2017).

O uso de imagens digitais tem eficácia comprovada em aplicativos que eram anteriormente restritos apenas a equipamentos específicos, como colorímetros, espectrofotômetros e fluorômetros (HELFER et al., 2017), e pode facilmente substituir a avaliação a olho nu, eliminando os erros subjetivos da observação que são influenciados principalmente pelas inconsistências do observador (FAN et al., 2021)

Após a aquisição da imagem por um dispositivo, vários processamentos e técnicas podem ser aplicados para melhorar a visualização de algumas características da imagem, como as ferramentas de análise uni e multivariada presentes no aplicativo *PhotometrixPRO*® (HELFER et al., 2017)

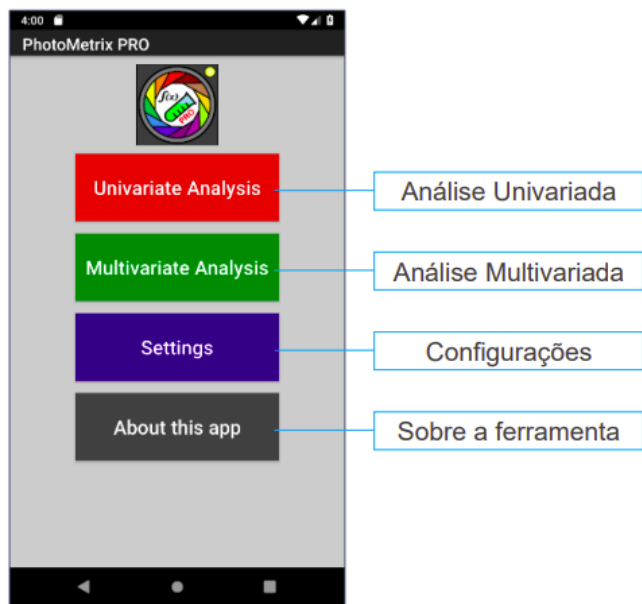
O uso extensivo de imagens digitais oferece muitas oportunidades atualmente para o desenvolvimento de métodos de Colorimetria de Imagens Digitais (DIC). As aplicações do *PhotometrixPRO*® no ensino de química geral, química analítica, bioquímica e diversas outras áreas da ciência, começaram logo que o aplicativo esteve disponível nas App store. São mais de 300 artigos publicados que usam a versão UVC ou PRO do aplicativo em seus experimentos, pesquisa realizada em junho de 2022, nas plataformas *Scielo Brazil*, *PubMed* e *Science Direct*. De alimentos à biodiesel, são inúmeras aplicações. Até o presente momento, o aplicativo conta com mais de cinco mil *downloads* na *Google Play Store* da versão PRO para Android atualizada em abril de 2022 (GOOGLE, 2022).

Muitas pesquisas já utilizam esse aplicativo para realizar análises de diferentes tipos de amostras. As primeiras análises feitas com o App foram para demonstração de seu potencial foram a determinação de seis tipos de taninos em extratos comerciais. Os autores afirmam que o uso de imagens digitais oferece resultados equivalentes aos obtidos na espectroscopia ultravioleta, sem a necessidade de investir em equipamentos caros e sofisticados (GRASEL et al., 2016). Além disso, já se analisou a atividade enzimática da endoglucanase (GUEDES et al., 2020), a determinação do teor de ferro em suplementos vitamínicos (HELFER et al., 2017), o monitoramento da quantidade de flúor em água (BAUMANN et al., 2019), a determinação de fosfato em fertilizantes (SOUZA et al., 2019), e a quantificação de adulterantes em leite usando colorimetria e imagens digitais (COSTA et al., 2020). Portanto, o *PhotometrixPRO*®

apresenta uma análise por componentes principais eficiente, além de ser de fácil manuseio com uma interface amigável, proporciona o desenvolvimento de métodos que seguem os princípios da química verde, pois não requer reagentes, não destrói a amostra e é realizada de forma rápida e barata (GRASEL et al., 2016).

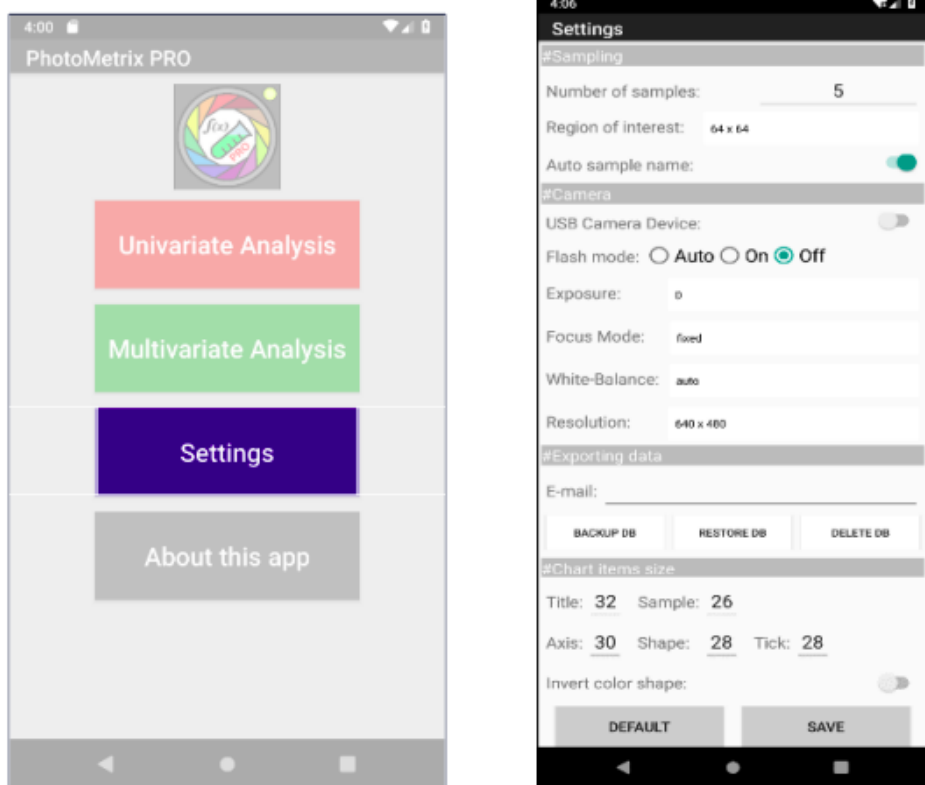
A interface do aplicativo *PhotometrixPRO*® está descrita e detalhada a seguir, conforme a cartilha do *App* (PHOTOMETRIXPRO, 2022). A tela inicial permite acessar os tipos de análise e as configurações (figura 1). Nas telas seguintes, as preferências do usuário são definidas dentro das opções para configurações, como número de amostras, configurações da câmera e configurações dos gráficos gerados dentro do aplicativo (figura 2). Na sequência o usuário escolhe entre análise univariada ou multivariada e suas formas de análise. Leitura da cor presente na amostra é feita separadamente (múltiplos canais), ou pelo vetor RGB (figura 3). Em seguida a escolha do tipo de análise que se deseja conforme o analito, e define-se a próxima ação (figura 4). No item calibração inicia o registro de fato das amostras, com a captura da imagem pela câmera do celular, resultando em uma curva de calibração para posterior análise de amostras com concentrações desconhecidas (figura 5). Dados como data, quantidade de amostras e nome da amostra devem ser preenchidos para liberar o registro fotográfico.

FIGURA 1. INTERFACE INICIAL DO APP PHOTOMETRIXPRO®.



Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em:
<https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

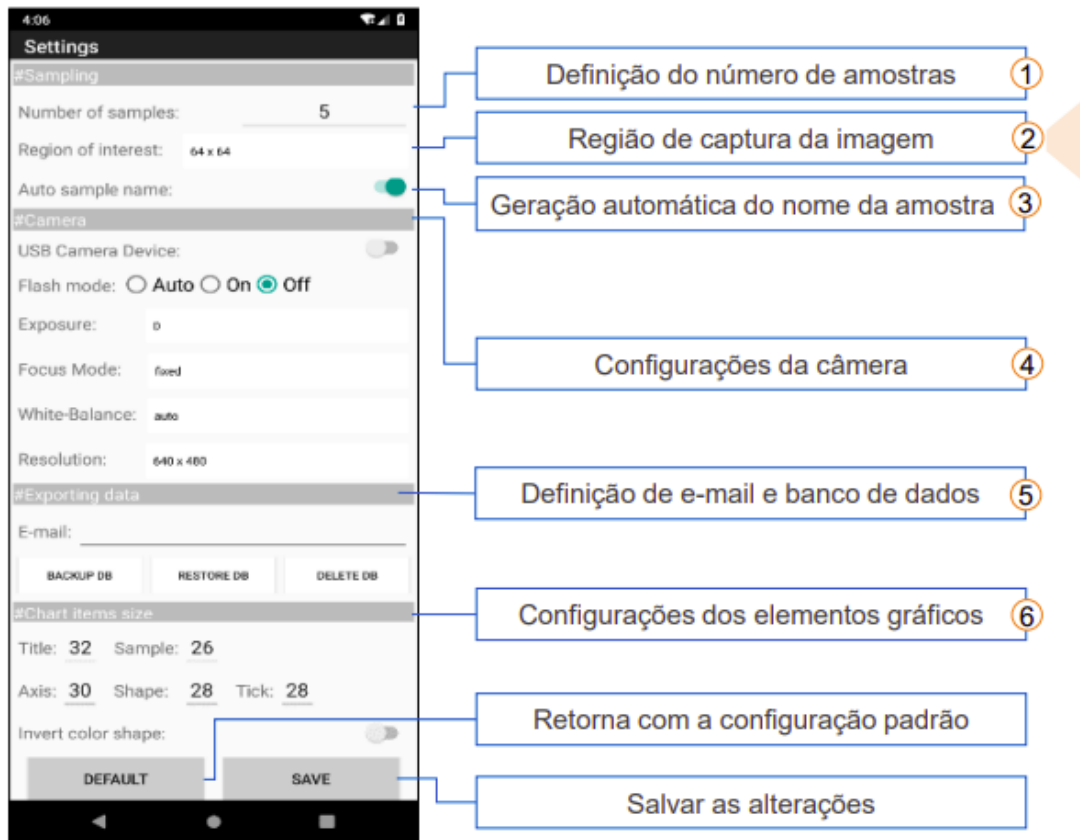
FIGURA 2. CONFIGURAÇÕES DO APP.



Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em:

<https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

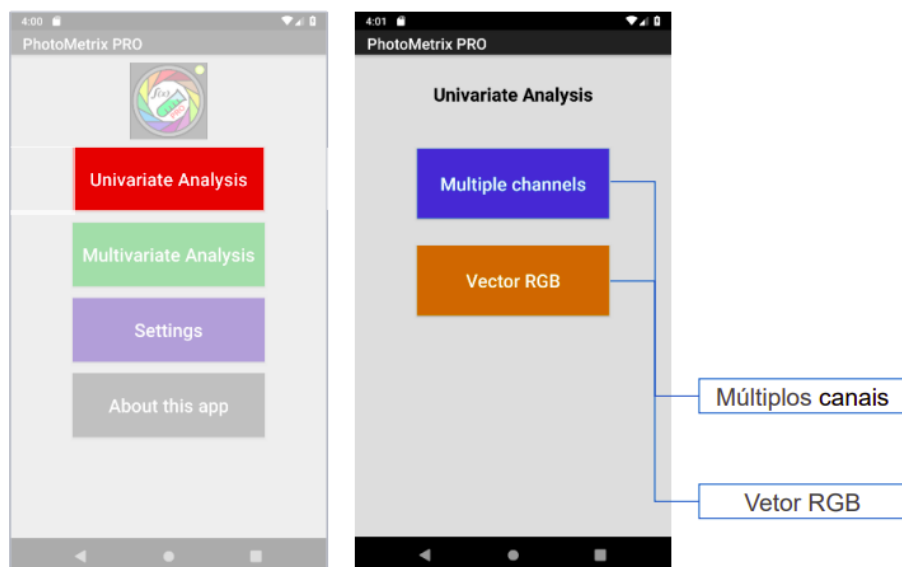
FIGURA 3. OPÇÕES DE ANÁLISE



Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em:

<https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

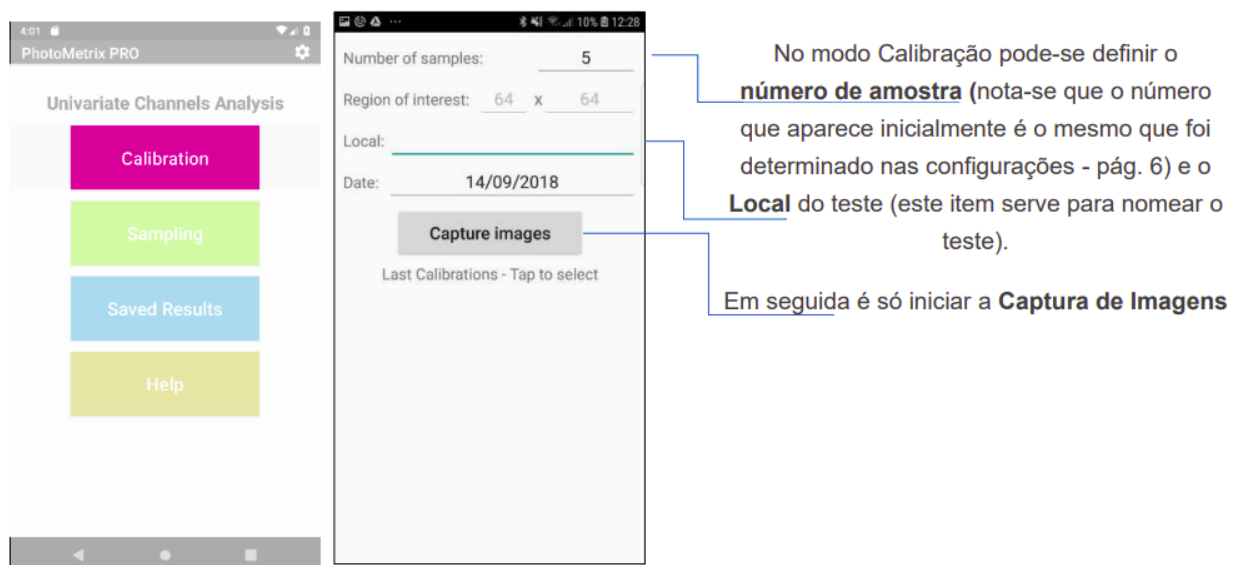
FIGURA 4. ESCOLHA O MODO DE ANÁLISE E A AÇÃO QUE DESEJA REALIZAR.





Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em: <https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

FIGURA 5. MODO CALIBRAÇÃO

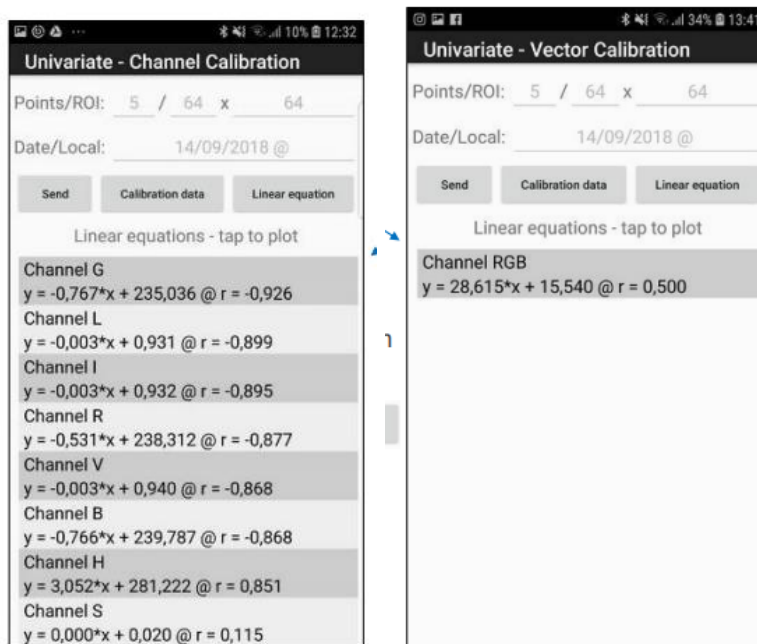


Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em: <https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

Após o registro de todas as amostras, a equação linear da reta será gerada, e de acordo com o tipo de leitura escolhido, serão gerados os gráficos. Um gráfico se a curva de calibração foi construída com a leitura das amostras pelo vetor RGB, e sete

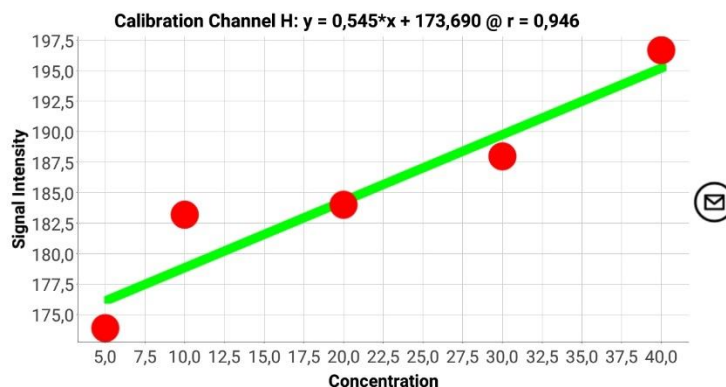
gráficos se foi analisada pelos múltiplos canais, sendo um para cada cor do espectro (figura 6). Em seguida basta clicar sobre a equação de interesse para gerar o gráfico da curva (figura 7).

FIGURA 6. EQUAÇÃO DA RETA E GERAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO.



Fonte: Cartilha *PhotometrixPRO*, disponível em: <https://www.photometrix.com.br/photometrix.pdf>

FIGURA 7. GRÁFICO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO



Fonte: Resultados da Oficina *PhotometrixPRO*

4. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados referentes à metodologia, resultados e discussão utilizados nessa pesquisa estão apresentados sob forma de um manuscrito intitulado: *PhotometrixPRO®*: uma alternativa para atividades práticas no ensino remoto de bioquímica. Esse manuscrito será submetido na revista “*Revista de Ensino de Bioquímica – REB*” (Qualis B2).

4.1 Manuscrito: *PhotometrixPRO®*: uma alternativa para aulas práticas de espectrofotometria no ensino de Bioquímica

***PhotometrixPRO®*: uma alternativa para aulas práticas de espectrofotometria no ensino de Bioquímica**

Ficha da atividade

Título	<i>PhotometrixPRO®</i>: uma alternativa para aulas práticas de espectrofotometria no ensino de Bioquímica
Público-alvo	Estudantes de graduação na área das Ciências Biológicas, Química, Bioquímica e afins.
Disciplinas relacionadas	Bioquímica e Química.
Objetivos educacionais	Compreender os conceitos básicos da bioquímica relacionados às biomoléculas e suas propriedades físico-químicas; Compreender as principais técnicas tradicionais usadas para análises bioquímicas com métodos colorimétricos;

	<p>Compreender o funcionamento básico do espectrofotômetro;</p> <p>Compreender e executar o cálculo de diluição para o preparo de soluções;</p> <p>Manipular corretamente o aplicativo <i>PhotometrixPRO</i>®, fazendo a captura de imagens gerando os dados da curva de calibração.</p>
Justificativa de uso	<p>Abordar o tema de ensino das biomoléculas de forma prática e menos abstrata;</p> <p>Necessidade de inovar a prática de ensino de Bioquímica através da utilização de Metodologias Ativas;</p> <p>Necessidade de realizar a aula prática presencial ou remota, de forma acessível com materiais alternativos de baixo custo Utilização de ferramentas digitais no processo de ensinar e aprender, voltadas aos conceitos da bioquímica.</p>
Conteúdo trabalhado	<p>Biomoléculas;</p> <p>Análise bioquímica: técnicas de análise colorimétrica (espectrometria);</p> <p>TDICs: Tecnologias Digitais de Informação e comunicação aplicadas à aprendizagem (aplicativo de <i>smartphone</i>)</p>
Duração estimada	<p>Três encontros virtuais semanais de 5h cada e carga horária assíncrona para realização, e também entrega de atividades. Carga horária certificada: 20h</p>
Materiais utilizados	<p>Espectrofotômetro de bancada;</p> <p><i>Smartphone</i> com o aplicativo <i>PhotometrixPRO</i>® instalado;</p> <p>Água;</p> <p>Suco instantâneo;</p>

	Seringas; Copos descartáveis de 50 mL; Toalhas de papel; Copo de 200 mL; Caderno e lápis; Colher ou mexedor
--	--

Resumo

O componente curricular de bioquímica é o momento em que se tem a construção do conhecimento de forma interdisciplinar por duas grandes áreas, a química e a biologia. Esse tipo de componente necessita conhecimentos básicos de química geral e orgânica, e por isso sempre compõe a grade curricular após essas disciplinas. Pela área da química ter conteúdos mais abstratos necessita de aulas teóricas aliadas a aulas práticas. Em 2020 surge uma pandemia mundial, a COVID19, e a aula tradicional é substituída pelo Ensino Remoto Emergencial (ERE) tentando minimizar o déficit de aprendizagem causado pelo distanciamento e isolamento social por um período de 2 anos. Este trabalho justifica-se pelo potencial de adotar métodos alternativos para as aulas práticas. Buscou-se aqui, investigar a eficácia do uso do aplicativo *Photometrix PRO*® como instrumento de análise espectrofotométrica simulada em prática remota. E para isso foi realizada uma oficina, na qual os participantes realizaram uma prática simulada remota síncrona, incluindo contextualização e realização de análise colorimétrica usando o aplicativo *PhotometrixPRO*®. A análise e avaliação da atividade ocorreram em momentos síncronos e assíncronos. Como resultados desta oficina apresentamos os comparativos das análises do *PhotometrixPRO*® e do espectrofotômetro de bancada, sugerindo que esta estratégia pode ser aplicada nas aulas de graduação com turmas mais numerosas ou em formato assíncrono.

Palavras-chave: espectrofotometria, aplicativo, aprendizado, TDICs.

Abstract

The biochemistry curricular component is the moment in which knowledge is built in an interdisciplinary way by two major areas, chemistry, and biology. this type of component requires basic knowledge of general and organic chemistry, which is why it is always included in the curriculum after these subjects. due to the chemistry area, having more abstract contents requires theoretical classes combined with practical classes. in 2020, a global pandemic arises, covid19, and the traditional class is replaced by emergency remote teaching (ere) trying to minimize the learning deficit caused by social distancing and isolation for a period of 2 years. This work is justified by the potential to adopt alternative methods for practical classes. the aim here was to investigate the effectiveness of using the photometrixpro® application as a simulated spectrophotometric analysis instrument in remote practice. and for that, a workshop was held, in which the participants performed a synchronous remote simulated practice, including contextualization and performance of colorimetric analysis using the photometrixpro® application. The analysis and evaluation of the activity took place in synchronous and asynchronous moments. as a result of this workshop, we present the comparative analysis of the photometrix-pro® and the benchtop spectrophotometer, suggesting that this strategy can be applied in undergraduate classes with larger classes or in an asynchronous format.

Keywords: Spectrophotometry, application, learning, TDICs.

1 Introdução

A Bioquímica caracteriza-se por ser uma área de conhecimento da biologia voltada ao estudo dos processos químicos que ocorrem em todos os seres vivos (NELSON; COX, 2019). Enquanto componente curricular dos cursos de graduação, em sua maioria, voltados a área da saúde, têm mobilizado os docentes a repensar suas práticas de ensino devido as dificuldades que os discentes apresentam para aprender os conteúdos. Dentre as dificuldades, o nível de abstração, haja vista que os processos, conceitos e reações são invisíveis a olho nu, e a necessidade de conhecimentos químicos prévios são as mais relatadas. Para superar essas dificuldades, dentre inúmeras possibilidades, uma alternativa é a utilização dos aplicativos (App) em contextos educacionais visando atingir objetivos de ensino-aprendizagem em sala de aula (ROSA et al., 2022). Estudos têm apontado que a utilização de *smartphones* já é usual no cotidiano dos discentes, possibilitando o uso de Apps como ferramentas pedagógicas para efetivar a construção do conhecimento. Os *smartphones* e os Apps são considerados recursos didáticos benéficos dentro das metodologias de ensino-aprendizagem, através do incentivo do letramento digital (SANTOS; SANTOS; MARQUES, 2022).

A aquisição da linguagem científica pelos alunos implica aquisição de uma nova forma de pensar e ver a realidade (LAHORE, 1993, p. 60). Realidade esta impactada pelo uso, cada vez maior, das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) inclusive como facilitadores do processo de ensino aprendizagem (SANTOS; SANTOS; MARQUES, 2022). Neste contexto, pode-se relacionar a utilização de Apps dos smartphones com o ensino dos conteúdos de Bioquímica no sentido de facilitar a compreensão dos discentes.

Com relação a utilização de Apps que trabalhem com imagens, Fan et al.(2021) sugerem que as imagens digitais produzidas por *smartphones* poderão ser melhoradas e padronizadas em vários aspectos para que seja possível o desenvolvimento de procedimentos analíticos robustos e confiáveis, proporcionando aos docentes a utilização destes recursos em suas aulas. Devido a rápida expansão no desenvolvimento de novas tecnologias e das redes de comunicação mundial, o cenário educacional já

vem introduzindo novos paradigmas, modelos, processos de comunicação educacional e cenários de ensino e aprendizagem digital (GARRISON, 2010). Porém, com a chegada do coronavírus (COVID 19), essa realidade afetou drasticamente o sistema educacional das instituições, devido a suspensão das atividades letivas presenciais. Assim, houve a obrigatoriedade das instituições, professores e alunos migrarem para a realidade *online*, adotando práticas de ensino a distância, ou seja, práticas de ensino remoto de emergência (MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020).

Neste sentido, o aplicativo PhotometrixPRO®, que foi apresentado para a comunidade acadêmica em 2017 (HELPER et al., 2017), poderia ser um instrumento de análises em aulas práticas tanto remotas, quanto presenciais. Este App emprega técnicas de correlação linear simples e análise de componentes principais para realizar análises uni e multivariada, obtendo os dados pela câmera principal do dispositivo (*smartphone*) e convertendo em histograma no vetor RGB (vermelho, verde e azul) (HELPER et al., 2017). O uso extensivo de imagens digitais oferece muitas oportunidades atualmente para o desenvolvimento de métodos de Colorimetria de Imagens Digitais (DIC). As aplicações do *PhotoMetrixPRO* no ensino de química geral, química analítica, bioquímica e diversas outras áreas da ciência. Muitas pesquisas já vêm utilizando esse aplicativo para realizar análises de diferentes tipos de amostras. As primeiras análises feitas com o App foram para demonstração de seu potencial foram a determinação de seis tipos de taninos em extratos comerciais. (GRASEL et al., 2016). Além disso, já se analisou a atividade enzimática da endoglucanase (GUEDES et al., 2020), a determinação do teor de ferro em suplementos vitamínicos (HELPER et al., 2017), o monitoramento da quantidade de flúor em água (BAUMANN et al., 2019), a determinação de fosfato em fertilizantes (SOUZA et al., 2019), e a quantificação de adulterantes em leite usando colorimetria e imagens digitais (COSTA et al., 2020). Portanto, o *PhotoMetrixPRO* apresenta uma análise por componentes principais eficiente, além de ser de fácil manuseio com uma interface amigável, proporciona o desenvolvimento de métodos que seguem os princípios da química verde, pois não requer reagentes, não destrói a amostra e é realizada de forma rápida e barata (GRASEL et al., 2016).

Diante do exposto o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial do *App PhotometrixPRO®* como instrumento analítico pedagógico em modelo remoto através de

uma oficina de bioquímica. Para tanto, elencou-se como objetivos específicos (i) verificar o potencial do App *PhotometrixPRO*® como instrumento analítico em substituição ao espectrofotômetro de bancada durante as aulas de Bioquímica em cursos de graduação; (ii) avaliar os efeitos das atividades propostas na oficina no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de bioquímica na visão dos discentes.

2. Procedimentos e recursos

A metodologia de pesquisa empregada neste estudo foi qualitativa, usando a análise de conteúdo como embasamento principal. Nessa modalidade de análise qualitativa é adotada a análise de documentos, diários, registros ou quaisquer materiais produzidos pelo participante ou pelo público alvo durante o desenvolvimento da pesquisa. Segundo Câmara (2012), a pesquisa qualitativa auxilia a aprofundar e melhorar a qualidade da interpretação. Ela amplia o entendimento sobre o objeto de estudo e melhor esclarece os dados quantitativos, pois capta as nuances da percepção dos entrevistados para ampliar a compreensão da realidade vivida pelos respondentes e aprofunda a questão de como as pessoas percebem os fenômenos estudados.

Trata-se de uma pesquisa-ação, que pode ser definida como “um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou ainda, com a resolução de um problema coletivo, onde todos pesquisadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo” (THIOLLENT, 1985, p. 14).

Esta pesquisa se caracterizou pela aplicação de uma oficina de bioquímica remota, que foi elencada como caminho metodológico, constituída de atividades teóricas de contextualização, atividade prática síncrona e atividades avaliativas síncronas e assíncronas, sendo descrita como uma pesquisa qualitativa. O percurso metodológico está descrito nos tópicos a seguir.

2.1 Caracterização da população amostral

A população amostral foi constituída por discentes de cursos de graduação da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, localizada na fronteira oeste do estado

do Rio Grande do Sul. Os discentes participantes estavam matriculados nos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Química e Ciências da Natureza no campus de Uruguaiana (RS) e Bagé (RS). A faixa etária dos participantes variou entre 21 e 28 anos. A inscrição na oficina ocorreu via formulário *online* com prazo determinado e divulgado via mídias sociais e grupos de *WhatsApp*. Foram recebidas vinte e três inscrições.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram usados como critério de inclusão todas as 23 respostas recebidas no formulário de inscrição. Como critério de exclusão dessa população tivemos o aceite no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o envio das atividades assíncronas solicitadas em cada encontro dos três realizados durante a oficina. Este último também foi um critério usado para certificação do participante.

2.3 Elaboração e realização da Oficina

A elaboração da oficina teve como base as demandas levantadas durante as reuniões semanais de um grupo de estudos de alunos do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica. As demandas sobre o ensino de bioquímica especialmente na área da química analítica e análises espectrofotométricas, foram discutidas, bem como as necessidades emergentes para o ensino remoto. Também foram usados como base para elaboração da oficina, cartilhas e artigos que orientam a estruturação de uma oficina como ferramenta pedagógica.

A oficina foi realizada em três encontros virtuais e online com transmissão simultânea, no primeiro encontro foram tratadas as bases teóricas da oficina e o segundo e terceiro encontros a parte prática. A plataforma escolhida para a realização da oficina foi o *GoogleMeet*. O material e as atividades enviadas pelos participantes foram concentrados em uma sala de aula virtual do *Google Classroom* e a comunicação informal, bem como dúvidas, atividades, e troca entre alunos e mediador, foram feitas em um grupo fechado de *WhatsApp*.

2.4 Coleta dos dados

A coleta de dados dos participantes foi feita via Formulários *Google*. Foram aplicados dois questionários um pré-teste que foi respondido pelos discentes no momento da inscrição e, o outro questionário, um pós-teste foi aplicado ao final da oficina. Além disso, outros dados (produções dos discentes) foram coletados durante a realização das atividades propostas na oficina, como mapas mentais, elaboração de curva padrão em planilha eletrônica, registro da realização da atividade prática remota. Esses registros foram entregues através da plataforma *Google Classroom* e pelo App *WhatsApp*, por onde foram coletados arquivos de mídia.

2.5 Análise dos dados

A análise dos dados foi feita utilizando como principal referência a obra *Análise de Conteúdo*, de Bardin. L. (2011). A aplicação desta análise deteve-se ao domínio linguístico, tanto escrito como oral, pois, por tratar-se de atividades remotas, a percepção dos estudantes ganhou relevância ainda maior, não se atendo apenas aos registros escritos ou digitados enviados. A análise de conteúdo para expressão de resultados permite uma vasta aplicação, porém requer do analisador cuidado na interpretação (Bardin, 2011). Neste trabalho as três etapas da análise de conteúdo foram seguidas: Descrição do conteúdo, inferências ou deduções sobre o conteúdo e interpretação ou significação dos conteúdos analisados para expressão dos resultados. Para análise desses resultados foi usado o programa *Atlas TI* versão 9 que realiza análise através de frequência e semântica.

2.6 Roteiro da atividade

O roteiro e a estrutura da Oficina foram baseados nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018). O Primeiro Momento Pedagógico é a problematização inicial, na qual avaliamos os conhecimentos prévios dos alunos. O Segundo Momento Pedagógico é descrito como a organização do conhecimento, onde o docente parte dos conhecimentos prévios dos discentes para (re)construção a partir do conhecimento científico. O Terceiro Momento Pedagógico é a aplicação do conhecimento, ou seja, busca-se utilizar o conhecimento científico para a resolução de problemas reais.

Os três encontros da Oficina de Bioquímica remota são detalhados a seguir. Foram encontros semanais com duração de três a quatro horas cada, realizados entre os meses de

novembro e dezembro de 2021. No ato da inscrição os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando com a publicação dos resultados oriundos de suas atividades e participação, assim como concordaram com a gravação dos encontros síncronos.

Para a publicação dos materiais e atividades, bem como manutenção do vínculo com os participantes durante o período em que ocorreu a oficina, a plataforma *online Google Classroom* foi escolhida. Esta plataforma é clara, didática de organizar os conteúdos, segura para envio de dados em diversos formatos e possibilita iniciar a chamada via *google Meet* através da sala de aula virtual. Na sala de aula do *Google Classroom*, além de receber os materiais referente à cada encontro no formato de apresentação em PDF, os participantes também tiveram acesso ao Roteiro da prática ilustrado, o vídeo da análise realizada no espectrofotômetro de bancada, e um material contextualizando o tema composto por um artigo comentado e apresentado. Também foi este o canal oficial para o envio das atividades propostas durante a oficina.

Outro canal escolhido para manter a comunicação com osicineiros, bem como tirar dúvidas e trocar ideias, foi o WhatsApp. O grupo criado com os participantes e mediadores foi mantido até três meses após a certificação dos participantes, no intuito de manter a troca de saberes sobre o tema e sanar possíveis dúvidas.

Primeiro encontro

Contextualização sobre análise colorimétrica de biomoléculas em matrizes como sangue, secreções, utilização de espectrofotômetro e conhecimento sobre o aplicativo *PhotoMetrix-PRO®*. Nesse primeiro momento foi apresentada a lista dos materiais necessários para a prática que seria realizada no terceiro encontro.

O conteúdo específico abordado neste encontro foi o conceito de bioquímica, o que são as biomoléculas e onde são encontradas nos diferentes animais. Espectrofotometria básica, o que é uma análise colorimétrica, seus princípios e mecanismos, equipamentos de análise tradicionais de laboratório. Principais fontes de amostra em animais, introdução ao preparo de amostras. Apresentação do aplicativo *PhotoMetrix PRO®*; Apresentação de exemplos da aplicação da bioquímica em estudos acadêmicos.

Objetivos desta aula: Ao final desta aula almejou-se que os/as estudantes fossem capazes de: Definir e diferenciar as biomoléculas em diferentes matrizes orgânicas; compreender o princípio da análise por espectrofotometria; aprender as funções básicas e mecanismos do

aplicativo *PhotoMetrixPRO*® para o uso em análises colorimétricas rápidas e portáteis em diferentes matrizes orgânicas, em aula ou a campo.

Foram requisitos para um bom aproveitamento da oficina os conhecimentos prévios sobre a bioquímica básica, conhecimento das biomoléculas, macromoléculas orgânicas e sua importância para o estudo dos organismos vivos.

Desenvolvimento desta aula: Problematização e diagnóstico dos conhecimentos prévios: Primeiramente, foi realizada uma breve retomada ao conteúdo trabalhado neste componente, a partir de alguns requisitos básicos como conhecimento prévio das principais biomoléculas, conceito de bioquímica (biologia + química) e aplicação de análises bioquímicas. Esta etapa inicial visou verificar os conhecimentos prévios dos discentes, necessários ao entendimento do conteúdo que foi trabalhado durante a oficina, sendo expositiva dialogada, colocando situações-problema do cotidiano na área da bioquímica e análise espectrofotométrica.

Segundo encontro

Explicação sobre como trabalhar com o aplicativo *PhotoMetrixPRO*®, como gerar os dados no aplicativo, interpretar e salvar. Introdução ao conhecimento científico com base no que fora apresentado no primeiro encontro.

Nesta aula foi feita a exposição e aplicação dos novos conceitos. Etapa em que foram expostos conceitos e exemplos relativos à análise colorimétrica no campo da bioquímica, absorvância, concentração e natureza da cor. Suas aplicações e principais matrizes utilizadas. Foram abordados os princípios da análise por cor e o mecanismo da análise do aplicativo *PhotoMetrixPRO*®, através da captura de imagens pela câmera de dispositivos móveis.

Objetivos desta aula: Ao final desta aula almejou-se que os/as estudantes fossem capazes de: Realizar um preparo de amostras simulado utilizando utensílios simples de medição como seringa, copo e colher; calcular a concentração de uma amostra para construção da curva de calibração; manusear com domínio as principais ferramentas de calibração e análise do aplicativo *PhotoMetrixPRO*®,

Foram requisitos para um bom aproveitamento deste encontro, conhecimentos prévios sobre as moléculas orgânicas e sobre o aplicativo que fora utilizado. Também se esperou que o aluno apresentasse as habilidades e conhecimentos desenvolvidos no primeiro encontro.

Desenvolvimento desta aula: Esta prática foi aplicada de forma remota, de modo que os alunos receberam um vídeo tutorial de como preparar os materiais em casa para realização da prática no encontro ao vivo. Para tal, cada um precisou dispor de:

- Um recipiente com 500 mL de água da torneira para preparar a solução-mãe;
- Dois recipientes menores (para fracionar o suco e a água);
- Sete copos descartáveis brancos 50 mL (tipo de cafezinho);
- Um pacote de suco instantâneo preferencialmente sabor morango e marca *TANG*;
- Uma colher; 2 seringas de 20 mL;
- Material de anotação, de preferência papel e lápis;
- Um celular *smartphone* com bateria carregada e câmera funcionando;
- Um copo tradicional vazio ou outro objeto para usar como suporte do telefone;
- Aplicativo *PhotoMetrixPRO*® devidamente instalado, encontrado gratuitamente nas lojas de aplicativo para Android e IOS *Google Play* ou *Apple Store*.

Terceiro encontro

Prática de simulação da quantificação de moléculas orgânicas em amostras biológicas utilizando solução de suco em pó.

A mesma metodologia usada nesta aula prática, também foi simulada Laboratório de Análises Químicas Ambientais e Toxicológicas (LAQAT) da UNIPAMPA Campus Uruguaiana. Nessa prática foi utilizando o equipamento espectrofotômetro de bancada, e seu resultado foi compartilhado com os alunos posteriormente, comparando com os resultados do App, promovendo uma discussão e comparação dos resultados. Assim, poderia ser averiguado se o App teria resultados semelhantes à um equipamento de bancada, muitas vezes considerado caro.

Os alunos foram orientados a enviar fotos do seu preparo e da realização do passo-a-passo do tutorial via *WhatsApp*. Ao final fizeram as medições das amostras e obtiveram os pontos da curva de calibração, utilizando seus *smartphones* e compartilhando de suas experiências. As medições podem sofrer pequenas diferenças em função da luminosidade do ambiente onde cada aluno estava e das diferentes qualidades de câmeras de seus aparelhos. Foi feita uma breve discussão acerca das dificuldades encontradas, diferentes valores obtidos nos resultados e compreensão geral da técnica analítica com o uso do App.

Após a discussão sobre os resultados obtidos nas medições com *PhotoMetrixPRO®*, os alunos puderam acompanhar o vídeo da análise realizada no laboratório, e a medição feita com espectrofotômetro de bancada.

Por fim, e de forma assíncrona, foi feita uma avaliação sobre os conhecimentos abordados na oficina. Foi enviado formulário *online* para que os alunos pudessem contribuir com um *feedback* da atividade, enviando um relato sobre o que aprenderam e como foi a experiência da aula prática remota.

2.7 Instrumentos avaliativos

Para avaliar a aprendizagem dos conteúdos de bioquímica pelos discentes foram adotados quatro instrumentos avaliativos, a saber: construção de mapa mental, elaboração de curva padrão em planilha eletrônica, registro da realização da prática remota e questionário de avaliação da atividade.

Construção de mapa mental:

Mapas mentais são registros descritos por uma representação de uma imagem através de conceitos. Este, os discentes estruturam conforme a construção do seu aprendizado (MOTTA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019). No primeiro dia da oficina, após a contextualização sobre biomoléculas e análise espectrofotométrica, foi solicitado aos participantes que elaborassem um mapa mental a partir dos principais tópicos abordados. Para a construção dos mapas não foram dadas orientações detalhadas, de modo que os alunos ficaram livres para elaborar o material conforme os assuntos que lhes despertaram maior interesse ou entendimento. Esperou-se que pelo menos três tópicos fossem lembrados: Biomoléculas, bioquímica e espectrofotometria. Para facilitar a execução da tarefa de construção do mapa de forma assíncrona foram passadas informações sobre o que são mapas mentais e para que servem (SANTOS; CONCEIÇÃO; MOTA, 2019).

Elaboração da curva padrão em planilha eletrônica:

No segundo encontro foi contextualizado e apresentado o aplicativo *PhotoMetrixPRO®*, bem como suas ferramentas e aplicações. Para complementar o aprendizado desta etapa, osicineiros foram orientados sobre a técnica de construção de uma curva de calibração em planilha eletrônica, que é necessário ser feita para a análise tradicional no espectrofotômetro de bancada. De forma síncrona foi feita uma

curva de calibração em *Excel*. A tarefa solicitada após esta aula se ateve à construção de uma curva de calibração, que foi apresentada em detalhes. Os participantes deveriam acessar a plataforma da Oficina no *Google Classroom* e baixar o modelo de planilha disponibilizado com os dados necessários para a construção da curva de forma assíncrona. Após, a tarefa deveria ser postada como atividade no prazo de sete dias.

Registro da realização da prática remota

No terceiro encontro foi feita a prática de análise simulada. Os participantes realizaram a simulação de análise em casa com o material indicado previamente em roteiro e com orientação síncrona via *Google Meet*. Após a realização da prática, foi proposto como tarefa repetir o experimento, e fotografar seus resultados. Enviando a curva de calibração gerada pelo aplicativo via *WhatsApp*, comparando com a que havia sido feita inicialmente no momento síncrono. Foi dado prazo de sete dias para realização desta tarefa.

Questionário de avaliação da Oficina:

A última atividade solicitada após o término da oficina de bioquímica foi um questionário elaborado no *Google Forms* e enviado via *WhatsApp* aos participantes, onde o aluno deveria responder doze perguntas sobre a elaboração e desenvolvimento da oficina, bem como seu aproveitamento. O questionário está disponível no material suplementar.

Análise dos materiais produzidos pelos discentes.

A identidade dos alunos foi omitida, sendo eles denominados apenas “Participantes” (P) e numerados de um a seis, montando uma sigla conforme o exemplo: Participante um, P1, participante dois, P2, e assim sucessivamente.

A análise dos dados foi feita utilizando as técnicas de frequência e semântica, apresentadas na obra *Análise de Conteúdo Bardin*, (2011). A técnica utilizada se divide em três etapas: pré-análise, exploração do material e significação.

A pré-análise consiste em uma fase de “leitura flutuante” e organização do material coletado, tendo por objetivo escolher documentos válidos para a análise, bem como a elaboração de indicadores, se necessário, para fundamentar a interpretação final (BARDIN, 2011).

A exploração do material tende a ser a etapa mais longa, marcada pela codificação dos eventos ou dados a serem considerados, se assim for necessário. Esta pode ser manual ou pode utilizar-se de ferramentas como programas ou computadores para sua execução (BARDIN, 2011). Para isso o programa Atlas TI foi utilizado, em sua versão 9, para fazer a análise por frequência e semântica das respostas analisadas.

Na significação, terceira e última etapa, busca-se condensar e ao mesmo dar relevância às informações mais importantes, que possam responder ou não aos objetivos, ou ainda dar indícios para novas descobertas. A partir desses resultados são propostas inferências para que se chegue a uma conclusão, ou que se faça novos questionamentos sobre o tema (BARDIN, 2011)

3 Resultados e discussão

A organização e a aplicação da oficina de bioquímica remota tiveram uma boa aceitação pelos participantes. A organização de forma segmentada, em três encontros e com a possibilidade de prazo para a realização de atividades assíncronas permitiram o envolvimento dosicineiros e seu comprometimento com as próximas etapas, ao mesmo tempo que não atribuiu seus afazeres acadêmicos. Ao longo dos encontros observou-se o engajamento dos participantes pelos temas abordados, interação relacionada ao aplicativo, seu funcionamento, aplicações e menções ao reforço teórico do conteúdo a que tiveram acesso durante a oficina. Cada participante demonstrou que conseguiu aprimorar conhecimentos com a realização da oficina, sejam eles teóricos ou práticos, no tema de análises ou diluições. Todos os assuntos tratados foram aproveitados pelos discentes, segundo seus relatos de feedback, além de apresentarem uma alternativa para análises em seus projetos ou trabalhos acadêmicos futuros, com a aplicação do *PhotoMetrixPRO®* como instrumento analítico.

Na estrutura adotada para realização deste estudo, os questionamentos sobre os conteúdos trabalhados foram atendidos, demonstrando que o objetivo geral da atividade foi atendido. Como resultado da aplicação desta oficina, os alunos identificaram melhorias na organização do espaço de trabalho, por estarem em casa, o sucesso da oficina dependia diretamente do poder de organização de cada um, a começar pelo tempo e espaço, até suas anotações. Também foram mencionadas por alguns alunos, sua evolução pessoal na interação via plataformas de aula online, participação e envolvimento à medida que foram adquirindo confiança em si, e estabelecendo um pequeno vínculo com colegas e mediadora, tendo em vista os encontros subsequentes.

Observou-se a reflexão pessoal de cada um no desenvolvimento da prática, bem como o aumento do interesse e da curiosidade pelos temas estudados. No trabalho de Francisco Junior; Oliveira, (2015), as mesmas características foram identificadas por licenciandos em química após o desenvolvimento e aplicação de uma oficina em turmas iniciantes, conforme os autores

[...] a organização dessas oficinas, os estudantes manifestaram algumas características da pedagogia autônoma freiriana como a rigorosidade metódica, o espírito de pesquisa, a reflexão crítica sobre a própria prática, a curiosidade, o saber escutar e o diálogo”.

Os resultados da oficina temática proposta por Krausig; Braibante (2017), e desenvolvida com alunos de terceiro ano do Ensino Médio, também foram positivos, e apontaram auxílio na construção de conhecimentos científicos sobre luz, espectro eletromagnético e presença de cor em soluções iônicas.

Análise dos mapas mentais

Esta atividade foi realizada por seis discentes que construíram mapas mentais sobre os conteúdos, conceitos, dinâmicas e instruções de utilização do App trabalhados no decorrer da oficina. A seguir são apontados alguns aspectos dos mapas apresentados e, baseado nestes aspectos foi construído um mapa mental que sintetiza as informações contidas nos seis mapas mentais analisados.

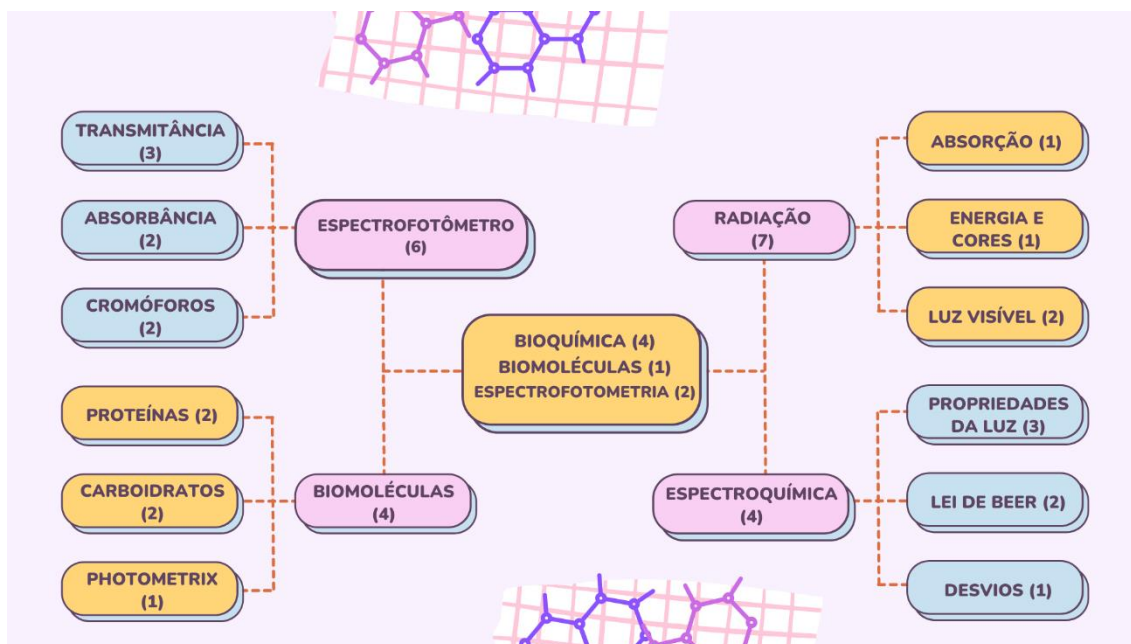
De acordo Santos; Conceição; Mota, (2019), os mapas mentais são recursos válidos para análise de aprendizagem inicial e final de conteúdo. Mapa mental é uma representação gráfica de um conjunto de conceitos e ideias com livres associações. Um mapa mental elaborado por um sujeito pode apresentar ideias-chave presentes na sua estrutura cognitiva, tornando visível seus pensamentos sobre o tema em questão (CALHEIRO; DEL PINO; PALANDI, 2020).

Dos seis mapas analisados, quatro apresentavam a palavra “Bioquímica” como tópico central, um mapa foi construído em torno do tópico “Biomoléculas” e um mapa em torno do tópico “Espectrofotometria”, contemplando o mínimo esperado. Dentre os tópicos secundários mencionados pelos participantes nos mapas mentais, as palavras “*espectrofotômetro*”, “*radiação*”, “*biomoléculas*” e “*espectroquímica*” apareceram com maior frequência, indicando a

compreensão de conceitos importantes relacionados a análises colorimétricas, interação da luz com a matéria, e radiação eletromagnética. Dentro destes tópicos e com menor frequência também foram citadas “lei de beer”, “luz visível”, “transmitância” e “propriedades da luz”. Nos tópicos abordados, os participantes discorreram previamente sobre os conhecimentos assimilados, demonstrando pela sua ótica, um entendimento sobre as análises bioquímicas colorimétricas e os equipamentos analíticos utilizados para tal.

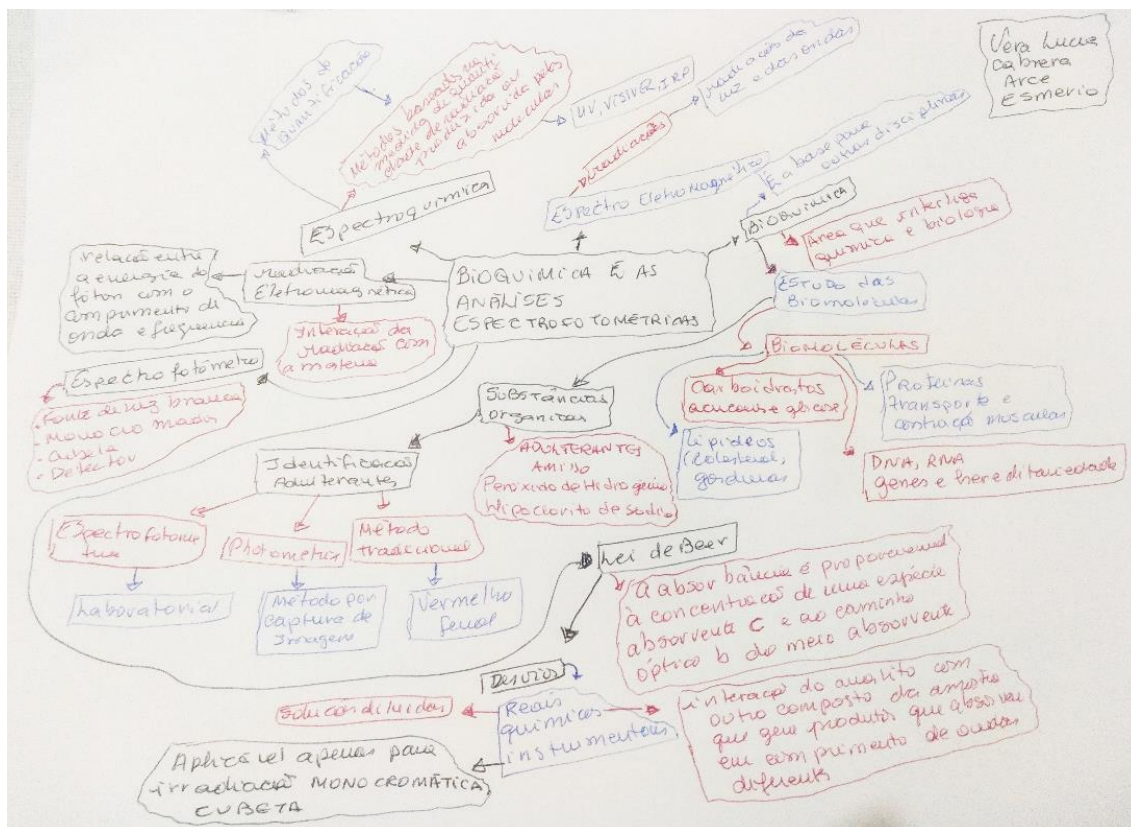
No que diz respeito à estrutura dos mapas mentais, cabe uma observação ao mapa de P6, que não apresentou as informações de forma organizada como os demais mapas, tornando confusa sua interpretação, o mapa continha muito conteúdo, mas desorganizado.

Figura 1. Mapa mental resultante da Análise dos mapas mentais dos participantes.



Fonte: Os autores, 2022.

Figura 2. Mapa mental do participante P6.



Fonte: Os autores, 2022.

No trabalho de Santos e colaboradores (2020), mapas mentais foram utilizados para avaliação de conhecimentos prévios e finais, produzidos pelos alunos com a indicação de palavras-chave, e com orientações iniciais sobre o que são mapas mentais, para que servem e como podem ser criados.

No presente estudo, a análise foi feita pela ferramenta de semântica e frequência elucidada por Bardin (2011), onde todas as palavras usadas foram analisadas e quantificadas, resultando em um mapa mental de resultados descrito na Figura 1, onde foram organizadas as palavras mais mencionadas nos tópicos dos mapas mentais dos alunos e o número de vezes em que cada uma se repetiu. O *feedback* dos mapas mentais foi dado aos alunos de forma individual via *Google Classroom*, e posteriormente no encontro síncrono subsequente.

Santos; Conceição; Mota (2019) optaram por categorizar as respostas dos alunos, expressando seus resultados na forma de tabela e classificando as proposições descritas pelos alunos nos mapas conceituais como “com equívoco” e “sem equívoco”, construída corretamente ou construída incorretamente. Passando ao final por uma

revisão. Eles utilizaram mapas mentais como instrumento para observar modificações e evoluções de conceitos ocorridos durante a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Os mapas mentais foram construídos por 44 alunos de Ensino Médio e elaborados em programa de computador. Todos os alunos receberam orientação de como usar o programa em uma oficina realizada previamente à aplicação da UEPS. Na análise por semântica e frequência, os tópicos mencionados foram categorizados e posteriormente as palavras classificadas e quantificadas. No presente estudo foi possível comparar respostas dos alunos, bem como fazer associação entre seus mapas e os conceitos corretos abordados, construindo assim o aprendizado.

Atividade da construção da curva de calibração

As curvas de calibração foram construídas em planilhas eletrônica. Todos os participantes utilizaram a ferramenta *Excel* e o envio dos arquivos foi feito dentro da plataforma *Google Classroom*. Os *feedbacks* foram enviados individualmente. Também foram trocadas mensagens no grupo de *WhatsApp* da oficina, sanando dúvidas e corrigindo as planilhas. Para análise das planilhas foram utilizadas as categorias descritas na tabela abaixo: Planilha enviada ou não enviada, Planilha correta, Planilha incorreta, Planilha com dúvidas no preenchimento.

Tabela 1 - Envio das curvas de calibração.

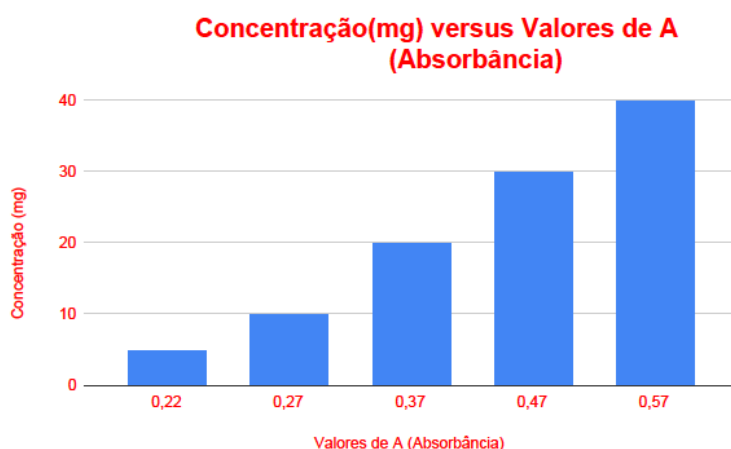
Planilha enviada	Planilha não enviada	Planilha correta	Planilha incorreta	Planilha com dúvidas no preenchimento
6	0	5	0	1

Fonte: Os Autores, 2022.

Todos os participantes da oficina entregaram a tarefa dentro do prazo. A construção dos elementos da planilha estava correta em todos os arquivos enviados, não demonstrando haver confusão entre os eixos que formam o gráfico, correlacionando absorvância com concentração. O preenchimento das concentrações, com números decimais foi feito corretamente em todas as planilhas, bem como a inserção do gráfico do tipo Dispersão. Um único participante gerou o gráfico no modelo de barras ao invés de dispersão, sendo este o participante

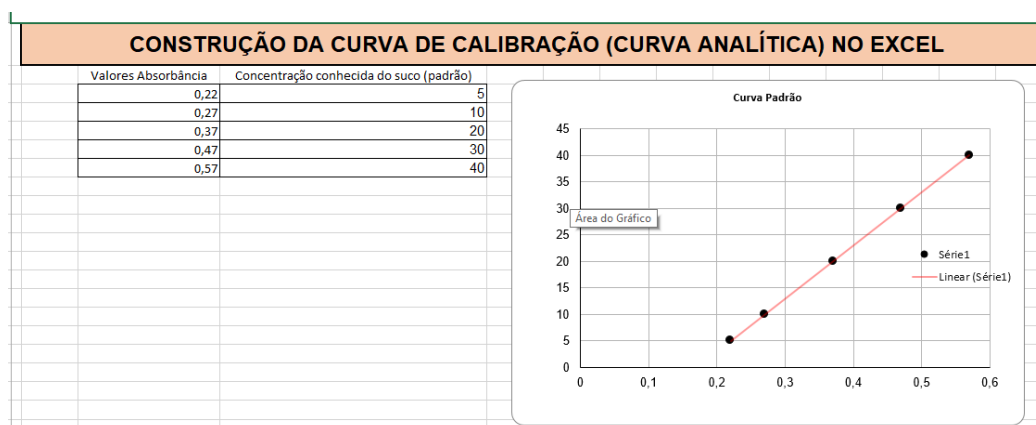
P1, que por isso foi categorizado como “planilha com dúvida na compreensão do preenchimento”, não havendo erros de cálculo ou troca de valores na tabela que gera o gráfico. Contudo, esse resultado demonstra que todos os participantes compreenderam como se constrói a curva de calibração em uma planilha eletrônica. Esse conhecimento é importante para o desenvolvimento do próximo passo, que foi a construção da curva dentro do App *Photometri-xPRO*®, uma vez que o aplicativo gera um gráfico pronto a partir da captura da câmera do celular.

Figura 2. Atividade enviada pelo participante P1



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3. Atividade enviada pelo participante P2




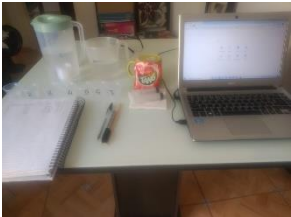

Fonte: Dados da pesquisa

Na atividade do participante P2, identificamos a construção correta do gráfico tipo dispersão e a visualização da linha de tendência, que une os pontos da curva de calibração.

A análise da atividade prática e das curvas de calibração dentro do aplicativo foi categorizada em: Organização da bancada, lista de material conforme roteiro, diluição das amostras, geração e qualidade do gráfico da curva de calibração, análise da amostra com concentração desconhecida. Por fim o envio de tudo que foi produzido em forma de fotos e capturas das telas do App. Todos os seis participantes concluíram esta atividade. As imagens fotográficas da bancada foram analisadas conforme a organização de cada participante.

Na tabela 2 temos exemplos de algumas bancadas analisadas:

Tabela 2. Fotos e avaliação das bancadas dos alunos.

	<p>Bancada do participante P3. Organizada conforme orientado pelo roteiro, com soluções identificadas, material de anotação, fundo branco e sólido para a captura de imagem.</p>
	<p>Bancada do participante P5. Frascos identificados, recipientes com água, fundo branco para captura das imagens e material de anotação. Bancada organizada conforme o roteiro ilustrado.</p>
	<p>Bancada do participante P6. Os recipientes foram identificados, está disponível água e material de anotação. Está organizada, mas a bancada é escura, o que pode alterar um pouco a leitura da cor pelo aplicativo.</p>

A categoria lista de material também foi analisada através de fotografias das bancadas enviadas pelos participantes e através da própria prática síncrona, onde podemos verificar que todos os participantes dispunham do material necessário para fazer a simulação de análise, embora alguns não estivessem visíveis nas fotos iniciais

das bancadas, como as seringas por exemplo, que foram itens indispensáveis para esta prática.

A tabela 3 apresenta o resultado da análise da prática remota. A construção da curva de calibração dentro do *PhotoMetrixPRO*® e análise de uma amostra com concentração desconhecida. Esse dado foi muito importante pois mostrou valores próximos entre os participantes e o êxito em realizar a atividade com o App.

A análise repetida em laboratório, com os mesmos ingredientes nas mesmas concentrações, porém utilizando como instrumento analítico o espectrofotômetro de bancada, trouxe os seguintes resultados: primeiro, o gráfico de absorção da solução de trabalho, obtido por espectrofotometria UV-vis, que mostrou que a solução utilizada absorve na faixa do visível no comprimento aproximado de 500 nm (figura 4). Após a obtenção da absortividade molar do composto, foi construída a curva de calibração no Espectrofotômetro (figura 5).

Tabela 3. Resultados dos alunos com o uso do aplicativo.

Gráfico de P1	
Gráfico de P2	

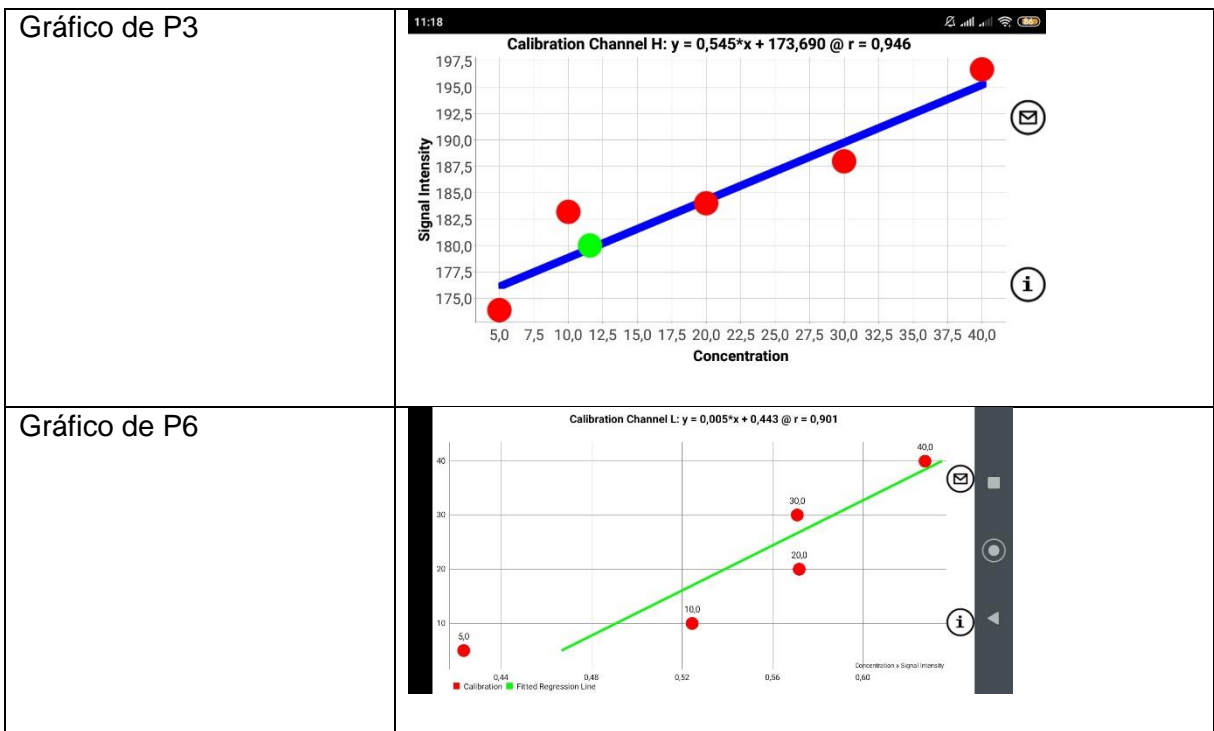


Figura 4. Gráfico de absorção da solução de trabalho.

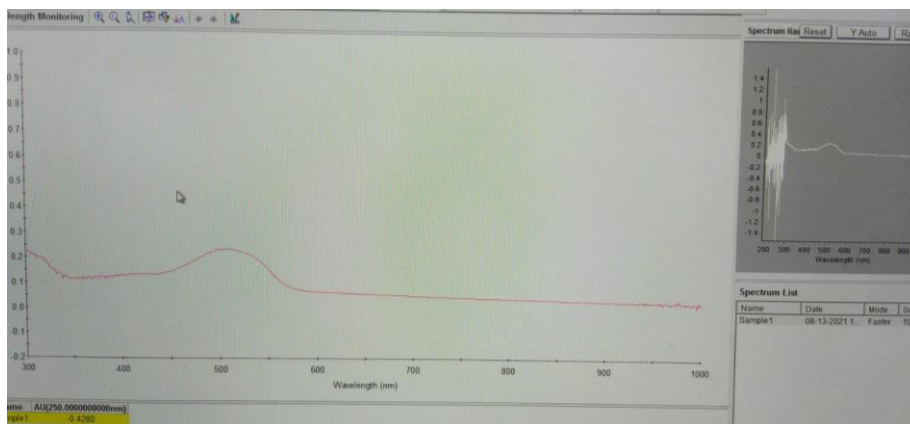


Figura 5. Curva de calibração construída no espectrofotômetro



Fonte: autor.

Dados semelhantes foram encontrados na pesquisa de (BÖCK, 2021), onde o potencial da utilização de dispositivos móveis foram equiparáveis às técnicas tradicionais. Isso gera muitas vantagens para o ensino, como a portabilidade e o baixo custo, além de requererem menor quantidade de reagentes, mostrado como uma alternativa a técnicas tradicionais de análise

Impacto no ensino-aprendizagem: Análise das respostas dos discentes ao questionário avaliativo da oficina

O impacto da oficina no processo de ensino-aprendizagem dos participantes foi avaliado através de um questionário final (pós teste), intitulado “*Avaliação da Oficina de Bioquímica utilizando PhotoMetrixPRO®*”. As perguntas foram direcionadas para a avaliação dos discentes sobre a atividade realizada. O quadro a seguir mostra as respostas dos participantes:

Tabela 3. Respostas ao feedback da Oficina.

	Número de respondentes
--	------------------------

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Questão 1. É possível realizar uma aula prática com qualidade utilizando um aplicativo de smartphone em substituição a um equipamento de laboratório para análise.					6
2. A participação na Oficina Remota aumentou meus conhecimentos em bioquímica básica.					6
3. Tive facilidade para executar a atividade prática de simulação de análise no ambiente domiciliar.				1	5
4. O aplicativo PhotoMetrixPRO® apresentado na oficina é de fácil compreensão e execução					6
5. Tive facilidade para compreender e manusear as ferramentas do aplicativo				2	4
6. O uso de ferramentas digitais como aplicativos, auxilia na aprendizagem de bioquímica					6
7. O uso de ferramentas digitais como aplicativos, auxilia na aprendizagem de bioquímica					6
8. Sobre o conteúdo da oficina, foi apresentado de forma clara e objetiva.					6
9. Sobre as dúvidas que surgiram durante a aplicação da oficina, elas foram esclarecidas e sanadas					6
10. Sobre as atividades propostas nos momentos assíncronos, estavam de acordo com o que foi apresentado em cada encontro					6

11. A atividade prática realizada de análise de espectrometria pode ser realizada em sala de aula presencial					6
12. Após a realização da oficina, pretendo aprofundar meus conhecimentos sobre o aplicativo PhotoMetrix-PRO® com intenção de uso acadêmico em ensino, pesquisa ou extensão	1				5
13. Você indica para algum colega realizar a oficina como atividade extracurricular para aquisição de novos conhecimentos					6

A última pergunta do questionário foi aberta. Nela, deixamos livre para que os discentes fizessem sugestões e/ou opinassem sobre a oficina, no intuito de melhorá-la para pesquisas futuras e de receber um *feedback* do trabalho desenvolvido. A análise das respostas, como já mencionado foi feita pelo método de Bardin (2012), conforme a tabela 4:

Tabela 4: Respostas da questão aberta questionário avaliativo da oficina.

PERGUNTA	CÓDIGOS	CATEGORIAS	NÚMERO DE INCIDÊNCIAS
Sugestões e depoimentos para aprimorar a oficina de <i>PhotoMetrixPRO®</i> :	Novos conhecimentos	Aprendizagem	2
	Não precisa mudar	Não tenho sugestões	1
	Gratificante	Elogio	1

Resposta P1: *“Eu aprendi bastante com a Oficina e pretendo usar o Photometrix mais vezes ao longo da caminhada acadêmica.”*

Resposta P2: *“O meu depoimento é que a oficina foi muito gratificante e me senti muito bem realizando uma prática supertranquila e boa de fazer.”*

Resposta P3: *“Se melhorar estraga. Por mim não precisa mudar nada.”*

Resposta P4: *“Acredito que sempre é bom obter novos conhecimentos. Eu tive algumas dificuldades, mas foram resolvidas e mesmo sendo on-line, foi muito gratificante participar da oficina. Os experimentos e aplicações foram de grande valia para meu aprendizado. Obrigada pela paciência e carinho...”*

4 Considerações Finais

As TDICs têm sido aliadas nos processos de ensino-aprendizagem em todos os níveis de ensino. Sua utilização no contexto educacional foi impulsionada pelo ERE, os recursos digitais tornaram possível o aprendizado à distância. Na área da bioquímica estes recursos se mostraram de grande valia, proporcionando a realização desta oficina que incluiu uma atividade prática, antes realizada apenas em laboratórios equipados.

O aplicativo *PhotoMetrixPRO®* foi uma ferramenta pedagógica que demonstrou confiabilidade nos resultados obtidos, bem como na comparação com as análises de espectrofotômetro. Os resultados obtidos mostraram que os discentes foram capazes de desenvolver habilidades práticas mesmo de forma remota, manusear o aplicativo e aplicar os conhecimentos em casa (seu próprio laboratório). Por outro lado, o baixo número de concluintes mostra que as atividades remotas durante a pandemia chegaram a um limite de tolerância pelos discentes. O online acabou sobrecarregando a rotina de compromissos acadêmicos, assim como o período do ano em que a oficina foi ofertada. Acredita-se que poderia ter havido maior engajamento se a oficina tivesse sido ofertada como um curso de férias, fora do período letivo. A aprendizagem dos participantes da oficina no campo da bioquímica foi impactada positivamente nos conteúdos abordados.

Utilizar um App de smartphone como atividade prática em sala de aula, em que o docente pode sugerir como atividade prática de realização tanto em sala de aula presencial como remota, amplia a utilização de recursos para os discentes. Pois nem sempre há a disponibilidade de utilizar o instrumento analítico do laboratório, ou ele

pode não conter o aparelho de bancada. A utilização de aplicativos de análise colorimétrica apresenta-se como mais um recurso pedagógico a ser utilizado pelos docentes e discentes em suas atividades educacionais, de pesquisa e extensão. Visa-se a ampliação desta oficina, em que este estudo seja replicado em turmas maiores. E que também seja aplicada a mesma oficina em turmas presenciais, ampliando assim os resultados e a discussão, bem como o uso do aplicativo *PhotoMetrixPRO*® para diferentes finalidades acadêmicas e profissionais.

5 Discussão Geral

Este estudo foi desenvolvido durante o período de pandemia provocada pelo Corona vírus (SARS-COV-2) causador da COVID-19. Este período foi marcado pelo isolamento ou ao distanciamento social da população como medida de contenção do número de pessoas infectadas pelo vírus. Dentre as medidas adotadas, houve o fechamento das escolas e universidades, impedindo o contato presencial entre estudantes e professores, fato que impactou fortemente a aprendizagem. Para contornar a falta de aulas por um período indeterminado, foi implementado o Ensino Remoto Emergencial. Para atender esta nova demanda, surgiram muitas oficinas com o intuito de estimular e diminuir o impacto da interrupção das aulas presenciais. Muitas dessas oficinas apresentaram a utilização de Apps como um recurso para o ensino. No presente estudo, mostramos a aplicação de uma oficina realizada de maneira remota, mas que também pode ser feita de maneira presencial. Os anexos I, II e III apresentam os seguintes materiais utilizados no presente estudo: instrumento diagnóstico para realização de atividade remota; página na plataforma *Google Classroom*; roteiro da prática.

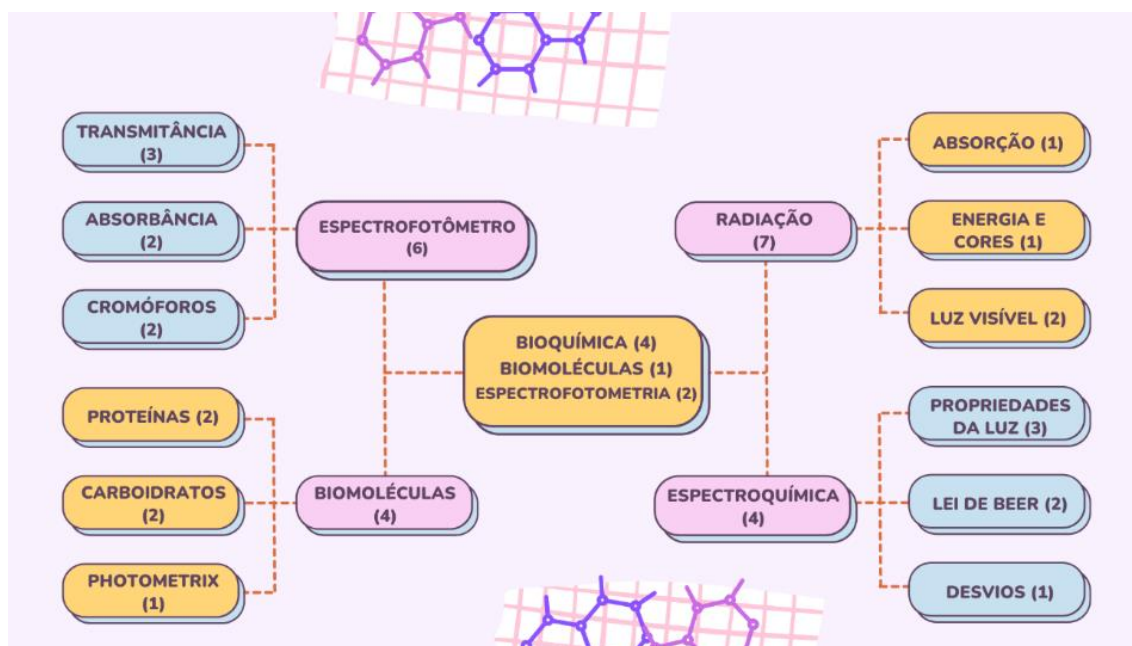
O uso do aplicativo *PhotoMetrixPRO* no ensino de bioquímica possibilita um alinhamento entre a experimentação e o uso de tecnologias móveis de forma contextualizada, demonstrando a importância de discutir com os alunos sobre possibilidades e avanços tecnológicos para a química analítica e o desenvolvimento de equipamentos móveis, mostrando que é possível usar materiais do cotidiano dos alunos na prática educativa (SANTOS; SANTOS; MARQUES, 2022).

A organização e a aplicação da oficina de bioquímica remota tiveram uma boa aceitação pelos participantes. Cada participante demonstrou que conseguiu aprimorar conhecimentos com a realização da oficina, sejam eles teóricos ou práticos, no tema de bioquímica, química ou matemática (biomoléculas, analítica e diluições). Todos os assuntos tratados foram aproveitados pelos discentes, segundo seus relatos de feedback, além de apresentarem uma alternativa para análises em seus projetos ou trabalhos acadêmicos futuros, com a aplicação do *PhotoMetrixPRO®* como instrumento analítico.

Como resultado da aplicação desta oficina, os alunos identificaram melhorias na organização do espaço de trabalho, por estarem em casa, o sucesso da oficina dependia diretamente do poder de organização de cada um, a começar pelo tempo e espaço, até suas anotações. Esses relatos e observação também foram identificados nos estudos de Francisco Junior; Oliveira (2015) e Kraisig; Braibante, (2017), onde houve construção de conhecimentos científicos, o despertar da curiosidade dos alunos e o interesse pelos assuntos trabalhados.

De acordo com os mapas mentais construídos pelos alunos, foi desenvolvido um mapa mental que sintetiza as informações contidas nos mapas mentais dos alunos (figura 8). Esse dado revela os conteúdos, conceitos, dinâmicas e instruções de utilização do App trabalhados no decorrer da oficina.

FIGURA 8. MAPA MENTAL RESULTANTE DA ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS DOS PARTICIPANTES.



Fonte: Autor.

No presente estudo foi possível comparar respostas dos alunos, bem como fazer associação entre seus mapas e os conceitos corretos abordados, construindo assim o aprendizado. No que diz respeito à estrutura dos mapas mentais, cabe uma observação ao mapa de P6, que não apresentou as informações de forma organizada

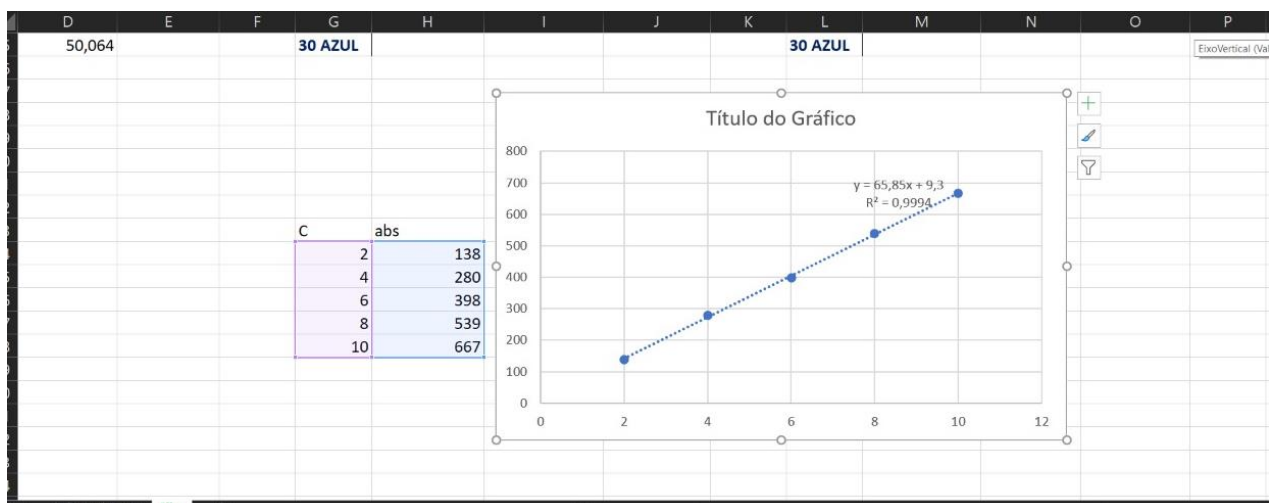
como os demais mapas, tornando confusa sua interpretação, o mapa continha muito conteúdo, mas desorganizado.

Em relação à entrega das atividades, todos os participantes da oficina entregaram elas dentro do prazo. A construção dos elementos da planilha do Excel, sobre a curva de calibração estava correta, não demonstrando haver confusão entre os eixos que formam o gráfico, correlacionando absorvância com concentração. Apenas um dos participantes gerou o gráfico no modelo de barras ao invés de dispersão. Portanto ele foi categorizado como “planilha com dúvida na compreensão do preenchimento”, não havendo erros de cálculo ou troca de valores na tabela que gera o gráfico.

Através das imagens enviadas via WhasApp, foi possível avaliar a organização da bancada, lista de material conforme roteiro, diluição das amostras, geração e qualidade do gráfico da curva de calibração, análise da amostra com concentração desconhecida. Todos os seis participantes concluíram esta atividade com êxito, e esse foi o momento chave da realização dessa oficina. Foi possível observar as bancadas organizadas conforme orientado pelo roteiro, com soluções identificadas, material de anotação, fundo branco e sólido para a captura de imagem e resultados das curvas de calibração obtidas.

A comparação da análise com os mesmos ingredientes nas mesmas concentrações, porém utilizando como instrumento analítico o espectrofotômetro de bancada (espectrofotômetro UV-Visível), realizada em laboratório trouxe dados semelhantes aos que os alunos obtiveram, mostrando quão fidedigno foram as análises do App e dos alunos.

Figura 9. Análise do espectrofotômetro de bancada.



Por fim, a avaliação pelos estudantes sobre a realização dessa oficina no processo de ensino-aprendizagem em bioquímica, bem como da forma como ela foi organizada, foi positiva. Isso foi verificado pelo questionário aplicado aos estudantes e pelos seus relatos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do trabalho aqui apresentado demonstraram que o uso do aplicativo *PhotoMetrixPRO* pode ser uma alternativa para experimentação remota, e que seu uso como instrumento analítico é promissor, podendo substituir o espectrofotômetro de bancada para realização de uma aula prática.

Promover uma oficina remota como ferramenta pedagógica para o ensino de bioquímica foi uma boa estratégia. O feedback positivo dos participantes quanto à oficina, bem como o engajamento daqueles que participaram até o final, demonstra que a oficina remota uniu ferramentas pedagógicas tradicionais com as ferramentas do digital, proporcionando aprendizado através dos canais que a pandemia permitiu. Um ponto de melhoria observado, foi o período do ano em que a atividade é ofertada, visto que dos vinte e três alunos que manifestaram interesse e se inscreveram na oficina, apenas seis concluíram os três encontros e suas respectivas tarefas.

As TDICs vieram para ficar, e são ferramentas que devem amadurecer junto com o processo de ensinar e aprender tanto por alunos quanto para professores. Especialmente os aplicativos para *smartphone*, que proporcionam ferramentas na palma da mão, cada vez com mais aplicações, e mais aperfeiçoadas para o uso acadêmico ou para proporcionar a experimentação no ensino, tão necessária na área da bioquímica. O uso da tecnologia é uma ferramenta aliada e poderosa para o ensino de bioquímica e a contextualização e o embasamento devem ser o ponto de partida de qualquer atividade que envolva o uso de tecnologias.

Perspectivas

São perspectivas deste trabalho a realização da oficina de forma presencial, com turmas mais numerosas em diferentes estágios da graduação, bem como uso do *PhotoMetrixPRO* em outras matrizes e a construção de uma oficina de bioquímica itinerante para o Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, N. R. DE; FILHO, A. V. DE M. Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de Bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos "biologia" "software e... **Bioquimica.Org.Br**, 2015.

ARAÚJO, M. DE S. EaD em tela: docência, ensino e ferramentas digitais. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 14, n. 3, p. 735–741, set. 2014.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre. 2018

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70. ed. São Paulo. 2015.

BAUMANN, L. et al. Uso do aplicativo PhotoMetrix no monitoramento da concentração de flúor em sistemas alternativos de abastecimento de água. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 2, p. 1–9, 2019.

BÖCK, F. C. **CHEMICAL ANALYSIS BY DIGITAL IMAGES USING SMARTPHONES: AN APPROACH TO SIMPLIFICATION AND REDUCTION OF COSTS OF TRADITIONAL ANALYTICAL METHODS USED IN ANALYSIS OF CACHAÇA SAMPLES**. 2021.

CALHEIRO, L. B.; DEL PINO, J. C.; PALANDI, J. Aprendizagem Significativa: Análise De Mapas Conceituais a Partir Das Representações Sociais Da Radiação / Meaningful Learning: Analysis of Conceptual Maps From the Social Representations of Radiation. **Revista Dynamis**, v. 26, n. 1, p. 39, 2020.

CÂMARA, Rosana Hoffman. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. EMBRAPA Brasília. Revista Institucional de Psicologia. 2013.

COSTA, R. A. et al. Quantification of milk adulterants (starch, H₂O₂, and NaClO) using colorimetric assays coupled to smartphone image analysis. **Microchemical Journal**, v. 156, p. 104968, 2020.

DE LIMA, D. B.; GARCIA, R. N. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Cadernos do Aplicação**, v. 24, n. 1, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. CIDADE, EDITORA, EDIÇÃO, 2018.

DIAS, G. et al. Desenvolvimento de ferramentas multimidiáticas para o ensino de bioquímica.

Revista Práxis, v. 5, n. 9, 16 jul. 2013.

FAN, Y. et al. Digital image colorimetry on smartphone for chemical analysis: A review. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 171, p. 108829, 2021.

FONSECA, A. G. M. F. DA. APRENDIZAGEM, MOBILIDADE E CONVERGÊNCIA: Mobile Learning com Celulares e Smartphones. **Revista_Mídia_e_Cotidiano**, v. 2, n. 2, p. 265, 30 jun. 2013.

FONSECA DE OLIVEIRA, A. R.; ALENCAR, M. S. DE M. O uso de aplicativos de saúde para dispositivos móveis como fontes de informação e educação em saúde. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 15, n. 1, p. 234, 31 jan. 2017.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; OLIVEIRA, A. C. G. DE. Oficinas Pedagógicas: Uma Proposta para a Reflexão e a Formação de Professores. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 125–133, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: 1987.

GARCÊS, B. P.; SANTOS, K. DE O.; OLIVEIRA, C. A. DE. Project-based learning in metabolic biochemistry teaching. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 13, n. esp1, p. 526–533, 2018.

GARRISON, D. R. Y A. T. El e-learning en el siglo XXI. v. 1, n. 3, p. 203, 2010.

GOOGLE, 2022. Disponível em: http://www.distimo.com/appstores/app-store/19-Google_Play_Store. Data de acesso: 30/08/2022.

GOMES, K.; RANGEL, M. Relevância da Disciplina Bioquímica em Diferentes Cursos de Graduação da UESB, Cidade de Jequié. **Rev Saúde Com**, p. 161–168, 2006.

GRASEL, F. S. et al. Principal component analysis of commercial tannin extracts using digital images on mobile devices. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, n. 12, p. 2372–2377, 2016.

GUEDES, W. N. et al. Easy estimation of endoglucanase activity using a free software app for mobile devices. **Brazilian Journal of Analytical Chemistry**, v. 7, n. 26, p. 27–35, 2020.

HELFER, G. A. et al. 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.

KAPLAN, A. M.; HAENLEIN, M. Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster. **Business Horizons**, v. 59, n. 4, p. 441–450, 2016.

KRAISIG, Â. R.; BRAIBANTE, M. E. F. Mapas Mentais: Instrumento Para a Construção Do Conhecimento Científico Relacionado À Temática “Cores”. **Journal of Basic Education**, v. 4, n. 2, p. 70–83, 2017.

Lahore, A. A. Lenguaje Literal y Connotado en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona. Pg. 60. 1993.

MOREIRA, J. A. M.; HENRIQUES, S.; BARROS, D. Transitando de um ensino remoto emergencial para uma educação digital em rede, em tempos de pandemia. **Dialogia**, n. 34, p. 351–364, 2020.

MOTTA, R. A. S. M. DA; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, S. B. DE. O Uso De Mapas Mentais E Conceituais Para Materialização Do Pensamento Humano. **Revista Uniabeu**, v. 12, n. 31, p. 186–201, 2019.

NASCIMENTO, J. L. DO; FEITOSA, R. A. Metodologias ativas, com foco nos processos de ensino e aprendizagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e622997551, 1 set. 2020.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 7. ed. Porto Alegre: [s.n.]. 2019

NEVES, N. P. S. Currículo e Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 17, n. 2, p. 47–57, 2014.

PHOTOMETRIXPRO. Bem-vindo ao PhotoMetrix: Um aplicativo para análise colorimétrica em dispositivos móveis. 2022.

PINHEIRO, M. N.; BATISTA, E. C. O aluno no centro da aprendizagem: uma discussão a partir de Carl Rogers. **Revista Psicologia & Saberes**, v. 7, n. 8, p. 70–85, 2018.

RODRIGUES, T. C. et al. Aquisição e aspectos do uso de smartphones por estudantes universitários. 2015.

ROSA, A. DA S.; ROEHRS, R. Aplicativos móveis: algumas possibilidades para o ensino de Química. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e33984955, 2020.

ROSA, A. S. et al. Quimiguia: desenvolvimento e validação de um aplicativo de apoio ao pro-

cesso de ensino-aprendizagem de química no ensino superior. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 35, 2022.

RIBEIRO, F. DA COSTA. Cartilha para estruturação de oficina pedagógica. Macapá. 2020. E-book.

SANTOS, C. R. DA S.; CONCEIÇÃO, A. R. DA; MOTA, M. D. A. A utilização dos mapas mentais como instrumento avaliativo no ensino de biologia. **Vi Conedu**, p. 1–15, 2019.

SANTOS, A. D. A. DOS; SANTOS, P. DE C.; MARQUES, R. C. P. O ensino de bioquímica da respiração celular facilitado por aplicativo para aparelho celular. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e21611326373, 2022.

SCHIMIDT, D. B. et al. Mapas Conceituais no Ensino de Bioquímica, uma Integração entre os Conceitos Científicos. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 12, n. 2, p. 7, 2014.

SILVA, T. V. F. DA; JORAS, L. E.; SCHETINGER, M. R. C. COMO O USO DA IMAGEM METODOLÓGICA PARA O NO ENSINO DE BIOQUÍMICA NA GRADUAÇÃO ? HOW CAN THE USE OF IMAGE BE THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC ARGUMENTATION IN THE TEACHING. v. 8, 2021.

SOUZA, D. M. et al. Uso do aplicativo PhotoMetrix® para determinação de fosfato em fertilizantes: um recurso didático para o ensino de química analítica. **Redin - Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2019.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica A Vida em Nível Molecular**. 4. ed. São Paulo: [s.n.]. 2014

ANEXO I

Instrumento diagnóstico para realização de atividade remota

Instrumento diagnóstico para realização de atividade remota.

Este instrumento tem por objetivo obter informações acerca do nível de acesso à tecnologia e disponibilidade de tempo de um grupo de alunos de graduação com a finalidade de participar de uma oficina de bioquímica remota. Não é necessário identificar-se.

1. Você possui aparelho smartphone com sistema operacional Android ou IOS?

Sim Não

2. Você tem acesso à internet de banda larga (Wifi)?

Sim Não

3. Qual sua melhor disponibilidade de dia da semana dentre as opções abaixo?

Terça-feira Sexta-feira Sábado

4. Qual sua melhor disponibilidade de turno dentre as opções abaixo?

Manhã Tarde Noite

Obrigada por participar!

ANEXO II

Página na plataforma digital *Google Classroom*

The screenshot shows a Google Classroom interface. At the top, the browser address bar displays 'classroom.google.com/c/MzQ5ODY3MDM3NTYx'. The course title is 'Photometrix: Princípios e aplicações em Espectr...' and the instructor is 'LAQAT - Laboratório de Análises Químicas Ambientais e Toxicológ...'. The navigation menu includes 'Mural', 'Atividades', 'Pessoas', and 'Notas'. A purple banner at the top of the main content area reads 'Photometrix: Princípios e aplicações ... LAQAT - Laboratório de Análises Químicas Ambientais e Toxicológ...'. Below the banner, there are two activity cards: one for a task posted on 5 de dez. de 2021 and another for a theoretical outline posted on 5 de dez. de 2021. A scroll bar is visible on the right side of the activity list. Below the scroll bar, four more activity cards are visible, including a material post from 4 de dez. de 2021 with one comment, a question post from 15 de nov. de 2021, another activity post from 27 de ago. de 2021 with one comment, and a final material post from 27 de ago. de 2021.

classroom.google.com/c/MzQ5ODY3MDM3NTYx

Photometrix: Princípios e aplicações em Espectr...
LAQAT - Laboratório de Análises Químicas Ambientais e Toxicológ...

Mural Atividades Pessoas Notas

Photometrix: Princípios e aplicações ...
LAQAT - Laboratório de Análises Químicas Ambientais e Toxicológ...

Pamela Martins Mugica postou uma nova atividade: Tarefa aula 2 - exercicio de curva pad...
5 de dez. de 2021

Pamela Martins Mugica postou um novo material: Roteiro teórico da prática
5 de dez. de 2021

Pamela Martins Mugica postou um novo material: Apresentação do Aplicativo PhotoMetri...
4 de dez. de 2021

1 comentário para a turma

Pamela Martins Mugica postou uma nova pergunta: Caro participante, você concorda co...
15 de nov. de 2021

Pamela Martins Mugica postou uma nova atividade: Instrumento avaliativo Aula 1 - Mapa ...
27 de ago. de 2021 Editado às 27 de nov. de 2021

1 comentário para a turma

Pamela Martins Mugica postou um novo material: Aula 1 - Biomoléculas e métodos espect...
27 de ago. de 2021



Pamela Martins Mugica postou uma nova pergunta: Caro participante, você concorda co...

15 de nov. de 2021



Pamela Martins Mugica postou uma nova atividade: Instrumento avaliativo Aula 1 - Mapa ...

27 de ago. de 2021 Editado às 27 de nov. de 2021



1 comentário para a turma



Pamela Martins Mugica postou um novo material: Aula 1 - Biomoléculas e métodos espect...

27 de ago. de 2021



Pamela Martins Mugica postou um novo material: Apresentação do artigo "Quantification ...

16 de ago. de 2021



1 comentário para a turma



Pamela Martins Mugica postou um novo material: Artigo base sobre a aplicação Photomet...

de 2021



A turma foi arquivada. Restaure-a para adicionar ou editar informações. [Restaurar](#)

ANEXO III

Roteiro da prática



OFICINA DE BIOQUÍMICA REMOTA

2° ENCONTRO

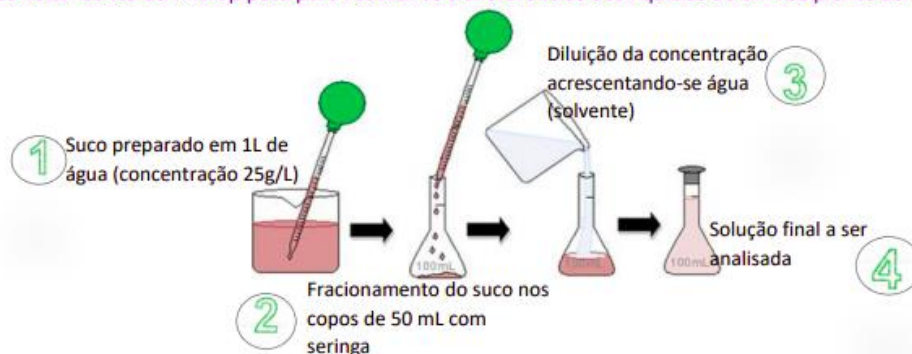
Roteiro da prática:

PASSO 1: LISTA DE MATERIAIS

Para realização desta aula prática, tenha em mãos a seguinte lista de materiais:

- **1.1** Um litro (1 L) de água da torneira previamente medido. Meça da forma que você conseguir, pode ser um copo graduado, dois recipientes de 500 mL, ou de 1 L já marcado. **(No laboratório: você poderá utilizar diferentes vidrarias graduadas com a marcação precisa de acordo com o volume desejado, como: Balão volumétrico (volume definido e exato), Pipeta graduada ou Pipeta volumétrica (volumes específicos e exatos) e Proveta graduada).**
- **1.2** Um recipiente com cerca de 500 mL de água da torneira para o preparo das diluições. Utilize um recipiente raso, pois você precisará medir a água com a seringa. **(No laboratório: você terá diferentes vidrarias para este fim, como por exemplo: Copo de Becker graduado).**
- **1.3** Um pacote de suco em pó (ex. Tang), sabor morango, laranja ou uva. Diferentes cores darão pequenas diferenças nas medições, mas todas poderão ser quantificadas. **(No laboratório: o suco será o seu analito de interesse (ex. adulterante do leite), que precisará de um determinado preparo de amostra para ser analisado (ex. deverá ser extraído da amostra leite ou não), isso vai depender se o equipamento utilizado para a quantificação deste analito tem capacidade de leitura diretamente nesta amostra ou, o analito deverá ser extraído dessa amostra e concentrado para posterior leitura (técnica de preparo de amostra). Ex.: sangue, mucosas, tecidos, secreções, etc.).**

- **1.4** Um palito ou colher para preparo da mistura água/suco (**No laboratório:** você terá acesso ao Bastão de vidro para realizar a mistura de soluções).
- **1.5** Duas seringas de 20 mL (uma para água e uma para o suco). (Pipetas graduadas ou volumétricas para volumes maiores, micropipetas para volumes muito pequenos (escala de microlitros - μL) e Pipetas de Pasteur para volumes indefinidos e não exatos).
- **1.6** Sete copos descartáveis de 50 mL para o preparo das diluições. (**No laboratório:** Você terá as seguintes vidrarias para realizar as diluições: Becker ou tubo de ensaio para armazenar o líquido que será usado para as diluições (água); balões volumétricos para armazenar o volume definido do líquido da diluição e da solução; pipeta volumétrica ou micropipeta para realizar as transferências dos líquidos de um recipiente ao outro).



- **1.7** Copos descartáveis reserva para repetir alguma diluição se necessários ou replicar o experimento. (**No laboratório:** Idem ao item 1.6).
- **1.8** Postites ou papel e durex e canetinhas para identificação dos recipientes. (**No laboratório:** você deverá identificar todas as amostras que usar. Cada volume de diluição no recipiente de vidraria correspondente e identificar o que tem na solução armazenada desta vidraria). Veja como exemplo, a etiqueta de identificação abaixo:

Amostra diluída em 01/02/2021

Suco Tang Morango 0,1 g/L

1.9 Materiais de anotação: Caderno ou bloco e lápis ou lapiseira. (**No laboratório:** O caderno de laboratório é um item indispensável, pois nele você registrará todo o experimento que realizou para posterior consulta, é preferível que essas anotações sejam a lápis, pois podem sofrer alterações);

- **1.10** Smartphone com aplicativo Photometrix instalado. O aparelho utilizado neste protocolo foi um Samsung Galaxy A020S Android 10 com câmera dupla de 13MP + 8MP. (**No laboratório:** você terá acesso a equipamentos de bancada específicos para a análise de interesse. Nesse caso será o equipamento espectrofotômetro).
- **1.11** Um suporte com 8 cm a 10 cm de altura, em que você possa apoiar seu celular para capturar as imagens, de modo que todos os registros de imagem sejam feitos da mesma distância. No caso, utilizei um porta controle remoto. Você pode usar um copo virado, ou algo semelhante conforme a Figura 1.

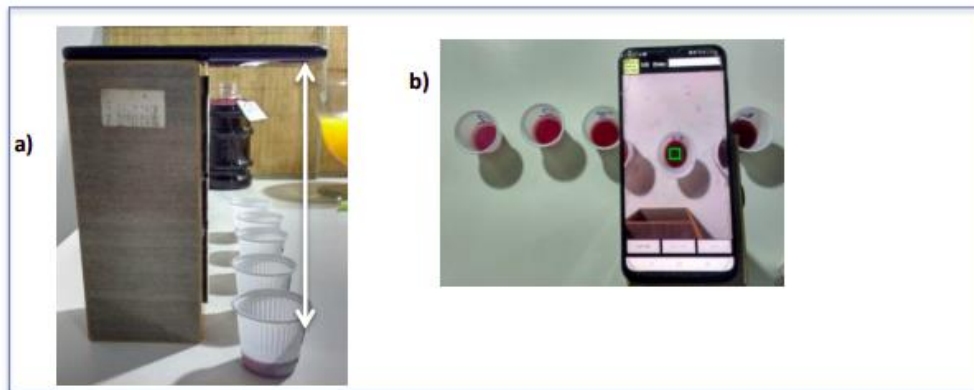


Figura 1. Imagens do suporte do celular para captura das imagens (a) e como fica a imagem (b).

PASSO 2: ORGANIZAÇÃO DA BANCADA/ÁREA DE TRABALHO

- 2.1 Escolha um local com boa luminosidade, uma mesa com fundo de cor sólida e homogênea (no caso da foto, branca). Um fundo estampado, como uma toalha, pode alterar a cor da sua amostra e consequentemente a leitura do aplicativo. Veja Figura 2. Confira na sua bancada se todos os materiais da lista acima estão presentes. **(No laboratório: você sempre deve conferir o material antes de começar um experimento).**



Figura 2. Imagem da área de trabalho organizada após o check-list verificando todos os materiais.



PASSO 3: IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL E REAGENTES/PRODUTOS UTILIZADOS

- 3.1. Todo recipiente usado na prática deve ser identificado com volume, concentração e substância que contém. Utilize para isso os postites ou papel, caneta e durex. Ver figura 3. **(No laboratório: todos os recipientes que contenham reagentes/substâncias devem ser identificados durante o experimento).**

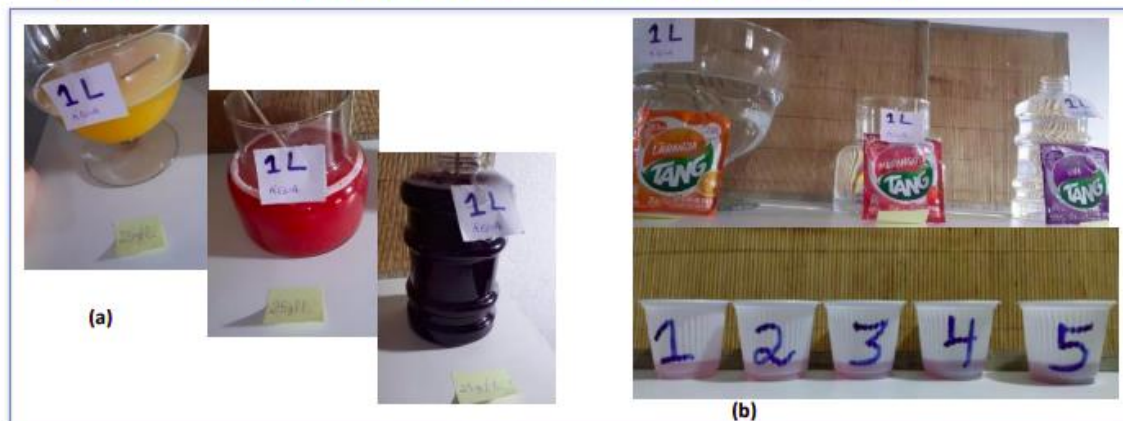


Figura 3. Imagem das soluções preparadas com o suco (a). Imagem dos copos com a quantidade de suco dosada (b).

PASSO 4: PREPARO DA SOLUÇÃO MÃE

- **4.1** Misture o conteúdo do pacote de suco (25 g) em 1L de água dentro de um recipiente. Esta será sua solução mãe, ou seja, uma solução de concentração conhecida e concentrada (25 g/L, ou seja, 25 g de soluto suco em um litro do solvente - água) que será utilizada para as diluições nos copos descartáveis e que servirão para a construção dos pontos da curva de calibração (passo 5). **(No laboratório: O preparo da solução mãe também é uma rotina no laboratório, essa solução geralmente é estocada e adequadamente condicionada, e a partir dela faz-se as diluições necessárias para obter os pontos que serão utilizados na curva de calibração).**

PASSO 5: CONSTRUÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO

- **5.1** A partir da solução mãe calculam-se as diluições desejadas para construção da curva de calibração. Normalmente se utilizam cinco pontos, que devem ter uma concentração conhecida dentro de uma faixa linear de trabalho. Neste caso, faremos soluções com as seguintes concentrações: 5 mg/mL; 10 mg/mL; 20 mg/mL; 30 mg/mL e 40 mg/mL. **(No laboratório: Geralmente segue-se um protocolo de acordo com o padrão do analito que se deseja identificar e/ou quantificar. Ex.: Para o doseamento de proteínas totais em amostra de soro ou plasma sanguíneo, líquido cérebro espinhal, saliva, urina, alimentos, entre outros, precisa ser realizado com uma curva de calibração de concentrações conhecidas do padrão de uma proteína, no caso se utiliza o padrão de albumina de soro bovino,**

- **5.2** No seu caderno de anotações faça o cálculo da concentração que utilizaremos na curva a partir da concentração da solução mãe, utilizando uma regra de três:

$$\begin{aligned} C_i \cdot V_i &= C_{ii} \cdot V_{ii} \\ 25 \cdot 1000 &= x \cdot 500 \\ X &= 50 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

(Neste cálculo, relaciona-se os volumes inicial e final para saber a concentração da solução mãe ou solução padrão.

- **5.3** Calcule as demais concentrações das amostras padrão utilizando o volume de suco da tabela abaixo:

Amostra 2:

Amostra 3:

Amostra 4:

Amostra 5:

Amostra	Concentração inicial (g/L)	Água	Concentração	Volume final (cada copo)
1	50g/L		5 mg/mL	20 mL
2	50g/L		10 mg/mL	20 mL
3	50g/L		20 mg/mL	20 mL
4	50g/L		30 mg/mL	20 mL
5	50g/L		40 mg/mL	20 mL

- 5.4 Agora que já sabe os valores, realize as diluições. Conforme a tabela utilize as seringas para transferir os volumes adequados para cada diluição para analisar no aplicativo. Primeiro o diluente (água), e depois a solução (suco). Utilize uma seringa somente para água e a outra somente para o suco para que não haja mistura e contaminação das amostras. Cada um dos pontos é uma amostra, ou seja, um copo. Veja o esquema abaixo na figura 4:



Figura 4. Esquema protocolo para a diluição das amostras utilizando as seringas e copos descartáveis. A) adição do volume do diluente água. B) adição do analito suco. C) representação das cinco concentrações prontas.

PASSO 6: ACESSAR O APLICATIVO PHOTOMETRIX PRO

- 6.1 Na tela inicial do aplicativo escolha o botão azul "Settings";
- 6.2 Na tela seguinte você terá acesso a quatro configurações: Amostra, Câmera, Exportação dos dados e Itens do gráfico:

<p>Settings</p> <p>#Sampling</p> <p>Number of samples: 6</p> <p>Region of Interest: 64 x 64</p> <p>Auto sample name: <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>6.3 Preencha o número de amostras com 5 (provavelmente é o valor que vai aparecer);</p> <p>6.4 A região de interesse utilizada é 64X64;</p> <p>6.5 Opção de gerar uma nomenclatura para as amostras pode ser ativada.</p>
---	---

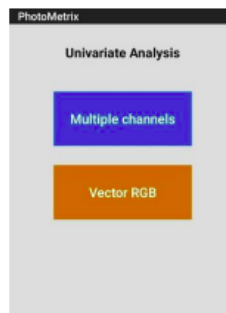
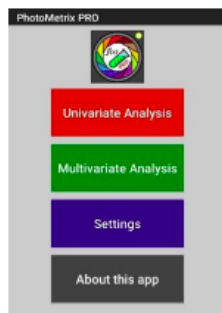
<p>#Camera 2</p> <p>Flash mode: <input type="radio"/> Auto <input type="radio"/> On <input checked="" type="radio"/> Off</p> <p>Exposure: 0</p> <p>Focus Mode: infinity</p> <p>White-Balance: auto</p> <p>Resolution: 640 x 480</p>	<p>6.6 Nas configurações da câmera, deixe o flash no modo automático;</p> <p>6.7 A exposição é 0 (zero);</p> <p>6.8 O foco no modo infinito;</p> <p>6.9 O branco no automático;</p> <p>6.10 A resolução padrão em 640 x 480</p>
--	--

<p>#Exporting data 3</p> <p>E-mail: pamelamugica@yahoo.com.br</p> <p>BACKUP DB RESTORE DB DELETE DB SEND DB</p>	<p>6.11 No item exportação de dados cadastre um e-mail para receber os dados gerados pelo aplicativo.</p>
--	--

<p>#Chart items</p> <p>Title: 32 Sample: 34</p> <p>Axis: 30 Shape: 48 Tick: 30</p> <p>Invert color shape: <input type="checkbox"/></p> <p>DEFAULT SAVE</p>	<p>6.12 Por último, as configurações de exibição dos gráficos estão todas padronizadas, e não precisam ser alteradas.</p> <p>6.13 Escolha a opção "SAVE" para salvar as configurações e retorne à tela inicial.</p>
---	---

PASSO 7: REGISTRO DAS IMAGENS PARA CONSTRUÇÃO DA CURVA NO APLICATIVO PHOTOMETRIX PRO

- **7.1** Posicione as amostras em local com boa luminosidade e cuide para que não faça sombra sobre elas, com a mão ou com o próprio celular;
- **7.2** Abra o aplicativo e na tela inicial escolha o botão **vermelho** "Univariate Analysis";
- **7.3** Na próxima tela, escolha o botão **azul** "Multiple channels";
- **7.4** Na tela seguinte clique no botão **rosa** "Calibration";



Number of samples:

Region of interest: x


Local:

Date:

Capture images

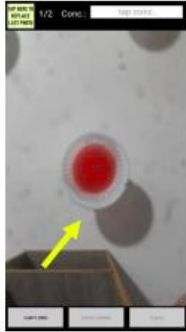
Last Calibrations - Tap to select

- **7.5** Nesta tela iremos gravar as amostras dos cinco pontos para construção da curva de calibração. O número de amostras deve ser 5, a região de interesse já está selecionada, você deve salvar um local para identificar futuramente estas análises salvas, por exemplo: "Simulação suco morango"

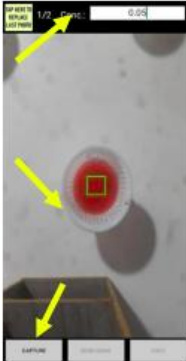


7.6 Posicione o seu telefone sobre o suporte que você vai utilizar para manter a distância da câmera até a amostra. No meu caso, usei um porta controle remotos com 8cm de altura:

7.7 Clique em "Capture images" para abrir a câmera do seu celular.




7.8 Busque o centro da amostra com a câmera através do quadrado que aparece na tela. Quadrado vermelho significa sem foco, basta tocar na tela para focalizar a imagem.




7.9 O quadrado ficará verde. No campo branco acima você deve informar a concentração da amostra.

7.10 Em seguida clique em "CAPTURE" para registrar a imagem que aparecerá no canto esquerdo superior.



7.11 Ao capturar a imagem, automaticamente a tela volta ao estágio inicial. E você poderá gravar as imagens das cinco amostras. Após a quinta amostra, os botões SEND e SAVE serão liberados.

Você deve acioná-los nesta ordem. O primeiro enviará os dados da análise para o e-mail cadastrado, e o segundo salva a análise no aplicativo para visualização e geração dos gráficos.



Number of samples: 5

Region of interest: 64 x 64

Local: _____

Date: 05/06/2021

Capture images

Last Calibrations - tap to select

- Data: 05/06/2021
- Size: 64 x 64 Points: 5
- Local: Teste 2 - Morango
- Data: 03/06/2021
- Size: 64 x 64 Points: 5
- Local: Teste uva

7.12 Retorne à tela de calibração para verificar se seus dados foram salvos. Haverá uma opção com o nome que você salvou gerando a sua curva de calibração;

7.13 Clique nessa opção para visualizar os canais, as equações e o valor de R² obtidos.

7.14 Na próxima tela você tem três opções:

Botão "SEND" envia os dados por e-mail;

Botão "Calibration data" mostra a ordem de registro das amostras e as respectivas concentrações informadas;

Botão "Linear equation" mostrará o gráfico e a equação da reta no canal que você selecionar;

7.15 Selecione um canal para visualizar o gráfico da curva de calibração. Os canais aparecem em ordem decrescente do valor obtido de coeficiente linear (R). Abaixo um exemplo de gráfico que você deve ter gerado ao final da calibração.

Calibration Channel L: $y = 0,437x + 0,551$ @ $r = 0,962$

7.16 O ícone de caixa postal envia o gráfico para o e-mail cadastrado. O ícone de informação dá opção de mostrar ou ocultar as concentrações de cada ponto. Aqui você obteve um gráfico de concentração pela intensidade do sinal.

PASSO 8: SIMULAÇÃO DE ANÁLISE DE AMOSTRAS REAIS (CONCENTRAÇÃO DESCONHECIDA)

8.1 Em dois copos prepare duas diluições conforme tabela abaixo:

Amostra	Suco (25g/L)	Água	Concentração	Volume final (cada copo)
6	3 mL	17 mL		20 mL
7	5 mL	15 mL		20 mL

8.2 Refaça o passo 5.4 para o preparo das diluições;

8.3 Abra o aplicativo, refaça os passos 7.1 até 7.3;

8.4 Na tela que aparece, clique no botão verde "Sampling";

8.5 Em seguida informe o número de amostras e um local

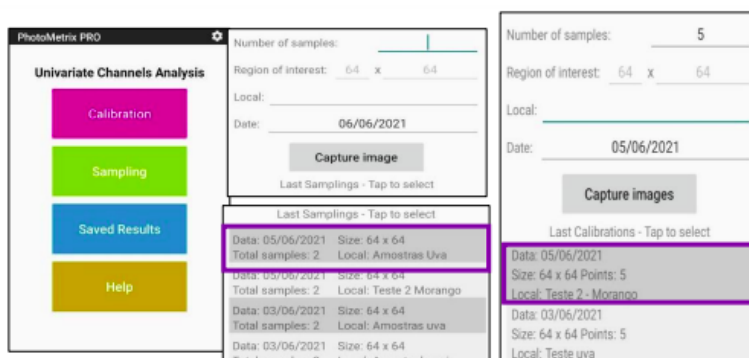
para salvar a análise;

8.6 Capture as imagens, envie e salve;

8.7 Retorne ao item "Sampling" e localize suas amostras;

8.8 Clique na amostra que deseja visualizar;

8.9 Na tela seguinte selecione a calibração;



8.10 Na sequência abra o canal que deseja para visualizar o gráfico. Os pontos em vermelho são os da calibração, os pontos em azul são as amostras que deseja quantificar.

