

Preparação de esferas de alginato com estudantes do ensino médio para demonstrar uma aplicação biotecnológica dos carboidratos

Preparation of alginate spheres with high school students to demonstrate a biotechnological application of carbohydrates

Elaboración de esferas de alginato con estudiantes de secundaria para demostrar una aplicación biotecnológica de los carbohidratos

Recebido: 13/05/2024 | Revisado: 26/05/2024 | Aceitado: 28/05/2024 | Publicado: 31/05/2024

Edmilson Clarindo de Siqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6415-906X>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil

E-mail: edmilson.clarindo@barreiros.ifpe.edu.br

José Adonias Alves de França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1277-6036>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Alagoas, Brasil

E-mail: jose.franca@ifal.edu.br

Dilmo Marques da Silva Leoterio

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5357-6550>

Núcleo de Estudos Avançados e Científicos, Brasil

E-mail: dilmomarques@hotmail.com

Bogdan Doboszewski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7372-0322>

Universidade Federal de Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: bdoboszewski@hotmail.com

Resumo

Os carboidratos são um dos grupos de biomoléculas mais importantes para os seres vivos devido à sua variedade estrutural e funcional. Um desses carboidratos é o alginato, um polímero natural com uma ampla gama de aplicações nas industriais alimentícia, cosmética e biotecnológica. Nesta última, a aplicação do alginato se deve principalmente à sua capacidade de formar ligações com cátions divalentes, produzindo matrizes que retêm grande quantidade de água e fármacos em sua estrutura. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi apresentar aos alunos do ensino médio/técnico uma aplicação biotecnológica dos carboidratos a partir da preparação de esferas de alginato como um sistema carreador de fármacos. O trabalho consistiu em uma atividade experimental no Laboratório de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus Barreiros*, com estudantes dos cursos Técnico em Agropecuária e Técnico em Alimentos. Ao término da atividade, o trabalho foi avaliado como *Bom*, *Muito bom* e *Excelente* pela maioria dos participantes. Portanto, por essa perspectiva, a atividade proposta foi considerada como exitosa. Vale salientar que o foco deste trabalho não foi a matematização dos conceitos ensinados; mas sim, os processos de construção, apropriação e interpretação desses conhecimentos.

Palavras-chave: Carboidratos; Aplicação biotecnológica; Esferas de alginato; Ensino; Ensino de ciências.

Abstract

Carbohydrates are one of the most important groups of biomolecules for living beings due to their structural and functional variety. One of these carbohydrates is alginate, a natural polymer with a wide range of applications in the food, cosmetic and biotechnology industries. In the latter, the application of alginate is mainly due to its ability to form bonds with divalent cations, producing matrices that retain a large amount of water and drugs in their structure. In this sense, the objective of this work was to present a biotechnological application of carbohydrates to high school/technical students through the preparation of alginate spheres as a drug carrier system. The work consisted of an experimental activity in the Biology Laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pernambuco – *Campus Barreiros*, with students from the Agricultural Technician and Food Technician courses. At the end of the activities, the work was evaluated as *Good*, *Very Good* and *Excellent* by the majority of participants. Therefore, from this perspective, the proposed activity was considered successful. It is worth noting that the focus of

this work was not the mathematization of the concepts taught; but rather, the processes of construction, appropriation and interpretation of this knowledge.

Keywords: Carbohydrates; Biotechnological application; Alginate spheres; Teaching; Teaching of sciences.

Resumen

Los carbohidratos son uno de los grupos de biomoléculas más importantes para los seres vivos debido a su variedad estructural y funcional. Uno de estos carbohidratos es el alginato, un polímero natural con una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y biotecnológica. En este último, la aplicación del alginato se debe principalmente a su capacidad para formar enlaces con cationes divalentes, produciendo matrices que retienen gran cantidad de agua y fármacos en su estructura. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue presentar a estudiantes de secundaria/técnica una aplicación biotecnológica de carbohidratos mediante la preparación de esferas de alginato como sistema portador de fármacos. El trabajo consistió en una actividad experimental en el Laboratorio de Biología del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Pernambuco – Campus Barreiros, con estudiantes de los cursos de Técnico Agrícola y Técnico en Alimentos. Al finalizar la actividad el trabajo fue evaluado como *Bueno*, *Muy Bueno* y *Excelente* por la mayoría de los participantes. Por lo tanto, desde esta perspectiva, la actividad propuesta se consideró exitosa. Vale la pena señalar que el enfoque de este trabajo no fue la matematización de los conceptos enseñados; sino más bien, los procesos de construcción, apropiación e interpretación de este conocimiento.

Palabras clave: Hidratos de carbono; Aplicación biotecnológica; Esferas de alginato; Enseñanza; Enseñanza en ciencias.

1. Introdução

Os carboidratos são um dos grupos de biomoléculas mais importantes para os seres vivos devido à sua variedade estrutural e funcional. Representam cerca de 75% da biomassa do planeta, sendo, portanto, a maior fonte renovável da biosfera (Ferreira, Silva e Ferreira, 2013). Sua principal função é o fornecimento de energia para o metabolismo celular, constituindo cerca de 40 a 80% dos requisitos energéticos totais da dieta humana (Silva et al., 2018). Além disso, os carboidratos atuam como componentes estruturais da parede celular em plantas, fungos e bactérias e como sinalizadores no organismo (Francisco Junior, 2008).

Um dos inúmeros compostos classificados como carboidratos é o alginato. Trata-se de um polímero natural extraído de algas pardas de espécies como *Macrocystis*, *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Ecklonia* e *Sargassum* (Cunha, Paula e Feitosa, 2009). O alginato possui uma ampla gama de aplicações nas industriais alimentícia, cosmética, agrícola e biotecnológica (Silva et al., 2010). Por exemplo, na indústria de alimentos o alginato é muito utilizado como emulsificante e gelificante para aumentar a viscosidade de soluções aquosas (Cherman et al., 2022).

As aplicações do alginato na área de biotecnologia se deve principalmente à sua capacidade de formar nano e microesferas em soluções aquosas (Cacuro & Waldman, 2018). Martins et al. (2021), avaliaram a atividade larvicida de micropartículas de alginato contendo óleo essencial de *Melissa officinalis* L. frente *Aedes aegypti*. Ferreira et al. (2021) investigaram a estabilidade dos compostos bioativos da beterraba após a encapsulação em micropartículas de alginato durante o armazenamento. Medeiros et al. (2022), desenvolveram uma matriz de alginato por gelificação ionotrópica para veicular fármacos com propriedades lipofílicas. Portanto, nano e microesferas de alginato têm recebido muita atenção como sistemas carreadores de moléculas bioativas (Cacuro e Waldman, 2018; Cherman et al., 2022).

Por outro lado, as estratégias metodológicas para o ensino de carboidratos têm consistido em um leque de ferramentas didáticas diversificadas, as quais incluem desde jogos e aplicativos (Barbosa et al., 2014; Alcântara & Moraes Filho, 2015; Oliveira et al., 2015), oficinas temáticas (Pazinato & Braibante, 2014), metodologias ativas (Covizzi & Andrade, 2012), atividades lúdicas com exercícios físicos (Antunes Neto et al., 2006) até atividades de práticas experimentais (Francisco Junior, 2008; Gáspari & Bernardes, 2021).

Dentre estas estratégias supracitadas, a atividade experimental é, de longe, a forma mais adequada para estimular os estudantes a compreender os conceitos e processos bioquímicos envolvendo os carboidratos (Glaser, Pierre e Fioreze, 2017).

Por exemplo, Francisco Junior (2008) usou uma prática experimental para abordar as propriedades e funções dos carboidratos com alunos do ensino médio. Gáspari e Bernardes (2021), realizaram uma prática demonstrativa para identificar e caracterizar carboidratos. Em ambos os casos, a aceitação dos alunos foi considerada positiva.

Apesar das atividades experimentais serem fundamentais para o ensino de carboidratos, sabe-se que estas práticas têm focado apenas no metabolismo destas biomoléculas e não em suas aplicações (Covizzi & Andrade, 2012). Neste sentido, surgiu a ideia de realizar uma atividade experimental que mostrasse para os discentes uma aplicação biotecnológica dos carboidratos e, assim, desmitificar sua restrição apenas como componente da dieta alimentar.

Devido à capacidade do alginato em formar nano e microestruturas, o objetivo deste trabalho foi apresentar aos alunos do ensino médio uma aplicação biotecnológica dos carboidratos a partir da preparação de esferas de alginato como um sistema carreador de fármacos.

2. Metodologia

A atividade experimental proposta neste trabalho possui um enfoque predominantemente qualitativo, uma vez que se buscou analisar evidências de sua contribuição para o processo pedagógico apenas em dados verbais e visuais dos participantes (Glaser et al., 2017; Silva & Fusinato, 2022).

2.1 Local e perfil dos participantes

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *Campus Barreiros*. O trabalho foi desenvolvido durante o segundo semestre de 2023. Participaram das atividades 38 estudantes de ambos os sexos (24 meninas e 14 meninos), com idades entre 14-16 anos. As atividades experimentais foram conduzidas no laboratório de ensino de Biologia do IFPE.

2.2 Insumos e vidrarias

Com exceção do alginato, que foi doado pela Universidade de Pernambuco, os demais materiais descritos a seguir foram concebidos a partir do laboratório de química do IFPE ou adquiridos no mercado local:

- 1 L de uma solução de alginato de sódio a 2% (20 g em 1 L de água destilada);
- 2 L de uma solução de cloreto de cálcio a 1% (10 g em 1 L de água destilada);
- 30 béqueres de plástico de 25, 50 e 100 mL (pode ser substituídos por tubos de ensaios ou mesmo copos descartáveis transparentes);
- 40 pipetas Pasteur de plástico;
- 40 palitos de picolé;
- 2 funis de Büchner;
- 5 corantes artificiais (azul, violeta, vermelho, laranja e amarelo).

2.3 Procedimentos

Os procedimentos seguem os protocolos descritos por Siqueira *et al.* (2021) e Siqueira, França e Holanda (2021):

- Em um béquer de 100 mL adicionou-se 50 mL da solução de cloreto de cálcio (Solução 1);
- Em um béquer de 50 mL, adicionou-se 10 mL de solução de alginato de sódio e gotas de corantes. Em seguida, toda mistura foi homogeneizada com palitos de picolé (Solução 2);

- Com a pipeta Pasteur, gotejou-se a Solução 1 (alginato + corante) na Solução 2 (solução de cloreto de cálcio) a uma altura de 10 cm;
- Com um funil de Büchner, as esferas de alginatos foram filtradas;
- Por fim, usando papel absorvendo, removeu-se a umidade das esferas.

2.4 Delineamento da atividade

O estudo foi dividido em três fases de acordo com Siqueira, França e Holanda (2021). A primeira caracterizou-se pela abordagem do assunto com a participação ativa dos discentes. O objetivo desta etapa foi despertar o interesse dos educandos pelo assunto e, conseqüentemente, impulsionar a aprendizagem nas etapas seguintes. Nesta fase foram considerados os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema carboidratos incluindo, fontes, exemplos, classificação e funções.

A segunda fase consistiu na preparação das esferas de alginato, usando corantes artificiais para simular os possíveis fármacos a serem carreados. Nesta fase, os moderadores optaram em avaliar os participantes apenas de forma qualitativa, deixando-os mais à vontade para executar os experimentos laboratoriais. Para isso, foram considerados apenas os índices de envolvimento e o empenho dos estudantes frente ao desenvolvimento da atividade proposta.

A terceira e última fase da atividade consistiu na avaliação do impacto da prática pelos participantes. As opiniões dos participantes foram colhidas por meio da aplicação de um questionário, como proposto por Carvalho e Bossolan (2014) e apresentado no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Questionário elaborado para a avaliação da atividade proposta.

Questionário: Idade: ___ Gênero: Masculino (), Feminino ()					
Avaliação da atividade experimental	1	2	3	4	5
Q1. Quanto ao tema abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q2. Quanto a atividade proposta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q3. Quanto aos materiais utilizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q4. O tema como facilitador do conhecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q5. O tema como estimulador da curiosidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q6. Quanto a didática do moderador (professor)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Legenda: 1. Excelente (EX), 2. Muito Bom (MB), 3. Bom (BM), 4. Regular (RG), e 5. Ruim (RU).					
Q7. Como você se sentiu em termos de segurança na execução das atividades? () Muito inseguro () Inseguro () Muito seguro () Seguro					
Q8. Você considera importante a abordagem de temas como esse na sua escola? () Considero muito () Considero pouco () Considero () Não considero					
Q9. Você é favorável que sua escola trabalhe esse tema mais vezes? () Favorável () Não favorável () Não sei					
Q10. O que mais lhe surpreendeu na atividade e porquê? -----					

Fonte: Elaborado pelos autores.

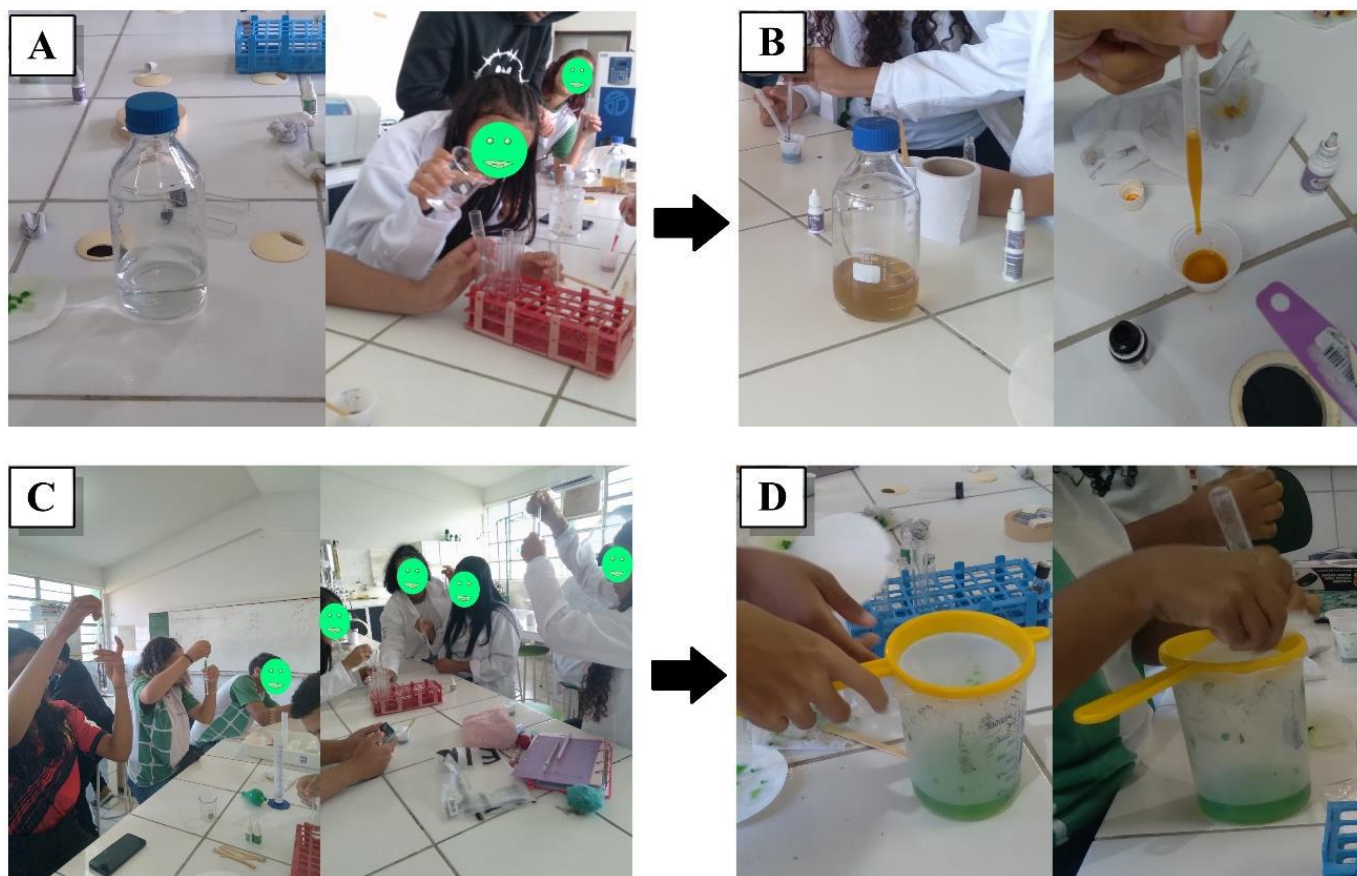
Como mostrado no Quadro 1, o questionário possuía, em sua maioria, questões com respostas fechadas em escala de Likert, que representa a soma das respostas dadas a cada item julgado (Likert, 1932). Nas seis primeiras questões, os estudantes puderam avaliar desde o tema abordado, até a didática e a forma conduzida pelo o moderador. Já nas quatro últimas questões, os discentes opinaram sobre a segurança na execução das atividades, a importância da abordagem do tema, bem como o que mais o surpreendeu na execução da atividade.

3. Resultados e Discussão

Os participantes deste trabalho foram estudantes regularmente matriculados nos Cursos Técnico em Agropecuária e Técnico em Alimentos do IFPE - *Campus* Barreiros. À maioria possui idade entre 15 (17, 45%) e 16 (17, 45%) anos. Os demais, tinham apenas 14 (4, 10%) anos. Geralmente, esses educandos moram em cidades litorâneas circo-vizinhas ou em logradouros próximos ao IFPE da cidade de Barreiros.

Durante a execução das atividades, verificou-se um aumento significativo do foco na aprendizagem. A Figura 1, a seguir, ilustra as principais etapas de execução da atividade experimental pelos discentes.

Figura 1 – Etapas para obtenção das esferas de alginato. Em A, preparação e distribuição da solução de cloreto de cálcio; em B, preparação e distribuição da solução de alginato de sódio (junto com o corante); em C, gotejamento da mistura de alginato de sódio e o corante na solução de cloreto de cálcio; em D, isolamento das esferas de alginato formadas na etapa anterior.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como apresentado na figura acima (Figura 1.A-D), os educandos se mostraram bastantes envolvidos no desenvolvimento e execução da atividade proposta.

O que é importante destacar na Figura 1, é que todas as etapas do processo foram executadas com atenção ininterrupta dos educandos. Eles seguiram os protocolos experimentais (não mostrado aqui) com muita atenção e destreza.

Os estudantes que preferiam só acompanhar a execução da atividade, também participaram indiretamente, emitindo opiniões, lendo o protocolo, fazendo perguntas, observando a prática e propondo soluções para os problemas de execução.

Terminada a etapa de precipitação, o próximo passo foi o isolamento das esferas de alginato já prontas no passo anterior. A Figuras 2.A e 2.B apresenta o resultado final das etapas de precipitação e isolamento, respectivamente, das esferas de alginato.

Figura 2 – Fotografia mostrando a precipitação das esferas de alginato (A) e o seu isolamento (B).



Fonte: Elaborado pelos autores.

É interessante notar na Figura 2, que a maioria dos estudantes conseguiu isolar esferas de alginato com morfologia arredondada e uniforme.

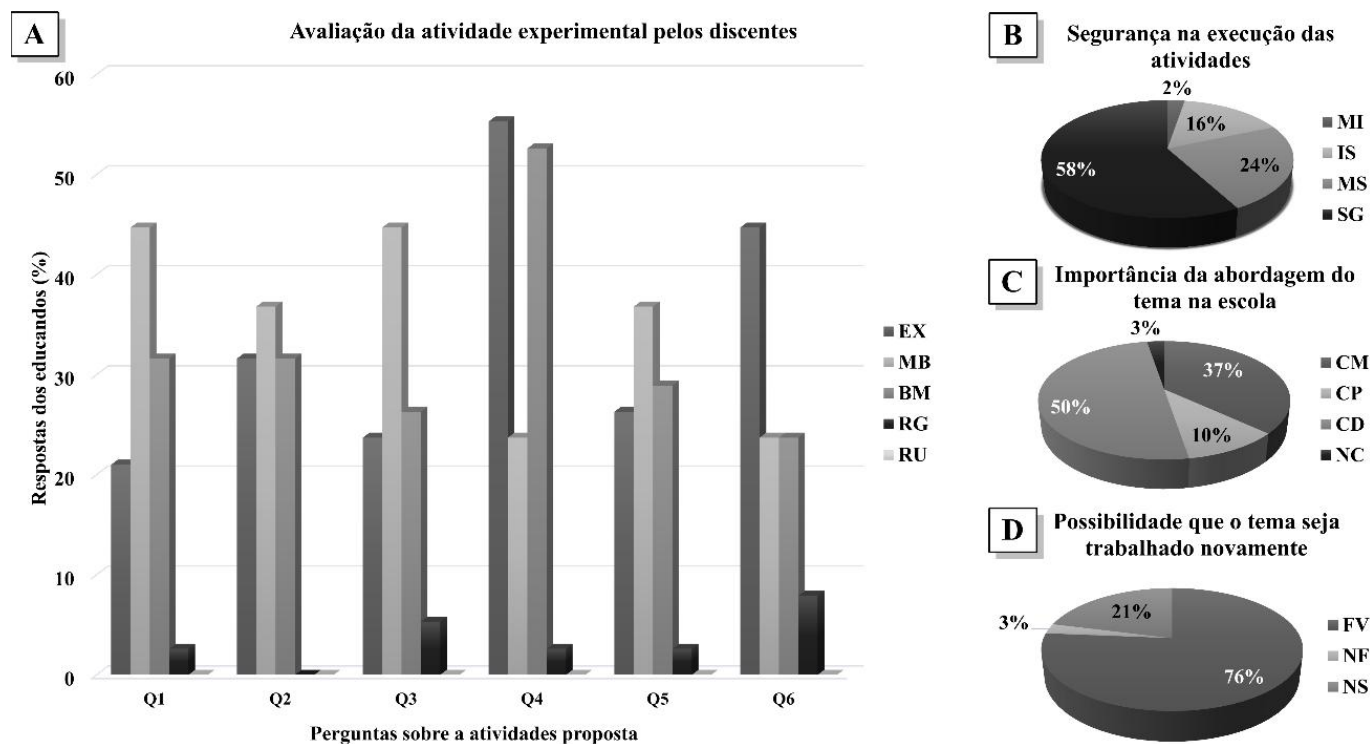
No entanto, alguns participantes obtiveram esferas com morfologia heterogênea, apresentando formatos ovalado, oblongo, torcido, lobulado ou até mesmo em formato de disco. Essa desuniformidade nos resultados gerou um ambiente de discussões e alguns questionamentos vieram à tona no laboratório, a saber: ‘Por que minha esfera não ficou redonda?’ / ‘O que acontece dentro da estrutura da esfera?’ / ‘Por que o meu resultado deu errado?’

Após o término da etapa experimental, os participantes foram convidados a avaliar a atividade proposta, levando em consideração os seguintes aspectos: quanto ao tema abordado (Q1); quanto a atividade proposta (Q2); quanto aos materiais utilizados (Q3); quanto ao tema como facilitador do conhecimento (Q4); quanto ao tema como estimulador da curiosidade (Q5); quanto a didática do moderador (Q6). As respostas foram colhidas a partir da análise da escala de Likert usando a ordem numérica: (1) para *Excelente* (EX); (2) para *Muito bom* (MB); (3) para *Bom* (BM); (4) para *Regular* (RG); e (5) para *Ruim* (RU).

Os participantes também foram avaliados quanto à segurança na execução das atividades (Q7), sobre a abordagem do tema na escola deles (Q8) e se eles eram favoráveis que o referido tema fosse trabalhado mais vezes na escola deles (Q9). Por fim, foi feita uma questão aberta acerca do que mais surpreendeu aos participantes (Q10).

A Figura 3 a seguir, apresenta os resultados da análise das respostas dos estudantes sobre a avaliação da proposta pedagógica.

Figura 3 – Análise das respostas dos participantes acerca da proposta pedagógica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como mostrado na Figura 3.A, a proposta pedagógica teve boa aceitação pela maioria dos participantes. Com relação ao tema abordado (Q1), cerca de 45% acharam este MB, enquanto que mais de 30% concordaram que o tema abordado foi BM. Quanto à atividade proposta (Q2), mais de 30% acharam EX e BM, enquanto mais de 35% afirmaram que a atividade foi MB. Sobre os materiais utilizados (Q3), cerca de 20% acharam EX, mais de 45% afirmaram ser MB e mais de 25% avaliaram os materiais utilizados como BM. Sobre o tema como facilitador do conhecimento (Q4), quase 55% acharam EX e mais de 50% avaliaram o tema como BM para este propósito. A análise do tema como estimulador da curiosidade (Q5), mostrou que mais 25% avaliaram como EX, cerca de 35% afirmaram ter sido MB e quase 30% concordaram que o tema foi BM para estimular a curiosidade. Por último, a didática do moderador (Q6) também foi avaliada. E neste quesito, mais de 40% avaliaram como EX, enquanto que mais de 20% afirmaram ser MB e BM a atuação do professor como mediador.

É importante destacar na Figura 3 que, para as seis primeiras perguntas, a maior parte dos participantes tiveram opiniões entre *Bom*, *Muito bom* e *Excelente*.

Quanto à segurança na execução das atividades (Q7), a Figura 3.B mostrou que à maior parte dos discentes (58%) se sentiu seguro (SG), enquanto 24% afirmaram que se sentiram muito seguros (MG); embora 16% tenham declarado se sentir inseguros (IS).

Quando foi perguntado aos participantes se eles consideravam importante a abordagem do respectivo tema na escola deles (Q8), 50% responderam que considerar (CS) e 37% afirmaram considerar muito (CM). Embora, uma pequena parcela, cerca de 10%, afirmaram considerar pouco (CP) e 3% disseram não considerar (NC) importante (Figura 3.C).

Ao serem questionados se eram favoráveis que o referido tema fosse trabalhado mais vezes na escola deles (Q9), 76% dos participantes foram favoráveis (FV); 21% disseram não ser favoráveis (NF) e apenas 3% não souberam (NS) responder (Figura 3.D).

No tocante ao que mais surpreendeu os participantes na atividade proposta e o porquê (Q10), o Quadro 2 a seguir, apresenta de forma não alterada algumas das opiniões selecionadas.

Quadro 2 – Opinião dos participantes* sobre o que mais surpreendeu a eles durante a atividade e o porquê.

Q10	<i>A: Achei interessante;</i>
	<i>B: O resultado que deu no final das misturas;</i>
	<i>C: Tudo. Afinal, foi algo novo para mim;</i>
	<i>D: A formação das bolinhas, que foi muito interessante;</i>
	<i>E: A facilidade de aprender os assuntos;</i>
	<i>F: A formação das esferas e a consistências delas após a retirada do líquido;</i>
	<i>G: A formação da esfera de alginatos, porque eu gostei do jeito que foi feito;</i>
	<i>H: A parte de formação das bolhas; pois, exigia uma atenção extra;</i>
	<i>I: A prática; porque foi minha primeira experiência de vida envolvendo a mistura de compostos químicos no laboratório;</i>
	<i>J: Foi como o líquido virou sólido, no caso quando virou as bolinhas;</i>
	<i>K: Tudo. Foi uma experiência nova e divertida;</i>
	<i>L: Os materiais. Eles são interessantes;</i>
	<i>M: Achei legal fazer aqueles experimentos;</i>
	<i>N: Foi ótimo. Amei tudo;</i>
	<i>O: As bolinhas formadas foram muito legais;</i>
	<i>P: Eu gostei porque mesmo simples é lindo e interessante e a aula prática foi muito boa;</i>
	<i>Q: O fato de ter sido interativo;</i>
	<i>R: A atividade;</i>
	<i>S: O que mais me surpreendeu foi o desenvolvimento de tudo;</i>
	<i>T: A formação das bolinhas com corante. Nunca tinha visto antes;</i>
<i>U: A beleza da bolinha. As cores e o jeito delas;</i>	
<i>V: O fato de ser aula prática e o resultado ficou lindo;</i>	
<i>W: A beleza dos resultados das substâncias;</i>	
<i>X: Me surpreendeu porque com aquela prática, eu aprendi mais;</i>	
<i>Y: A formação das bolinhas, que foi muito interessante;</i>	
<i>Z: Os experimentos, porque nós que fizemos e foram muito bons. Fiquei muito curiosa. Gostei muito.</i>	
<small>(*) Por questões éticas, os nomes dos participantes foram substituídos por letras do alfabeto português.</small>	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como foi verificado no Quadro 2, as opiniões sobre o que mais surpreendeu os participantes e o porquê (Q10) foram bem distintas. Houve estudante que se surpreendeu com os materiais utilizados (L), outros ficaram surpreendidos com o desenvolvimento do experimento (Q, S e Z), teve aqueles que se surpreenderam com os resultados (B, U, V e W) outros que afirmaram até que o experimento melhorou à sua aprendizagem (X).

No entanto, é interessante observar no Quadro 2 que a maioria declarou ter ficado surpreendida foi com a formação das esferas de alginato (D, F, G, H, J, O, T e Y) e com o encantamento pela prática em si (A, C, E, I, K, M, N, P e R).

As atividades experimentais são formas elegantes de explorar as percepções dos estudantes acerca dos conteúdos teóricos ministrados em sala de aula. Além do domínio do conhecimento básico fundamental, a experimentação promove ainda

as habilidades técnicas do processo investigativo, como a observação e a manipulação, mobilizando o estudante a aprender ciência fazendo ciência (Silveira e Rocha, 2016).

O ensino baseado na prática experimental favorece o desenvolvimento de competências, tais como a investigação científica, o levantamento de hipóteses e os questionamentos, que são processos inerentes ao método científico e possibilitam ao educando construir e reconstruir conceitos e conhecimentos. Some a isso, o discente também pode desenvolver atitudes científicas importantes para o estabelecimento de relações de causa e efeito, possibilitando-o a ter um pensamento crítico para a resolução de problemas relevantes (Lima *et al.*, 2017).

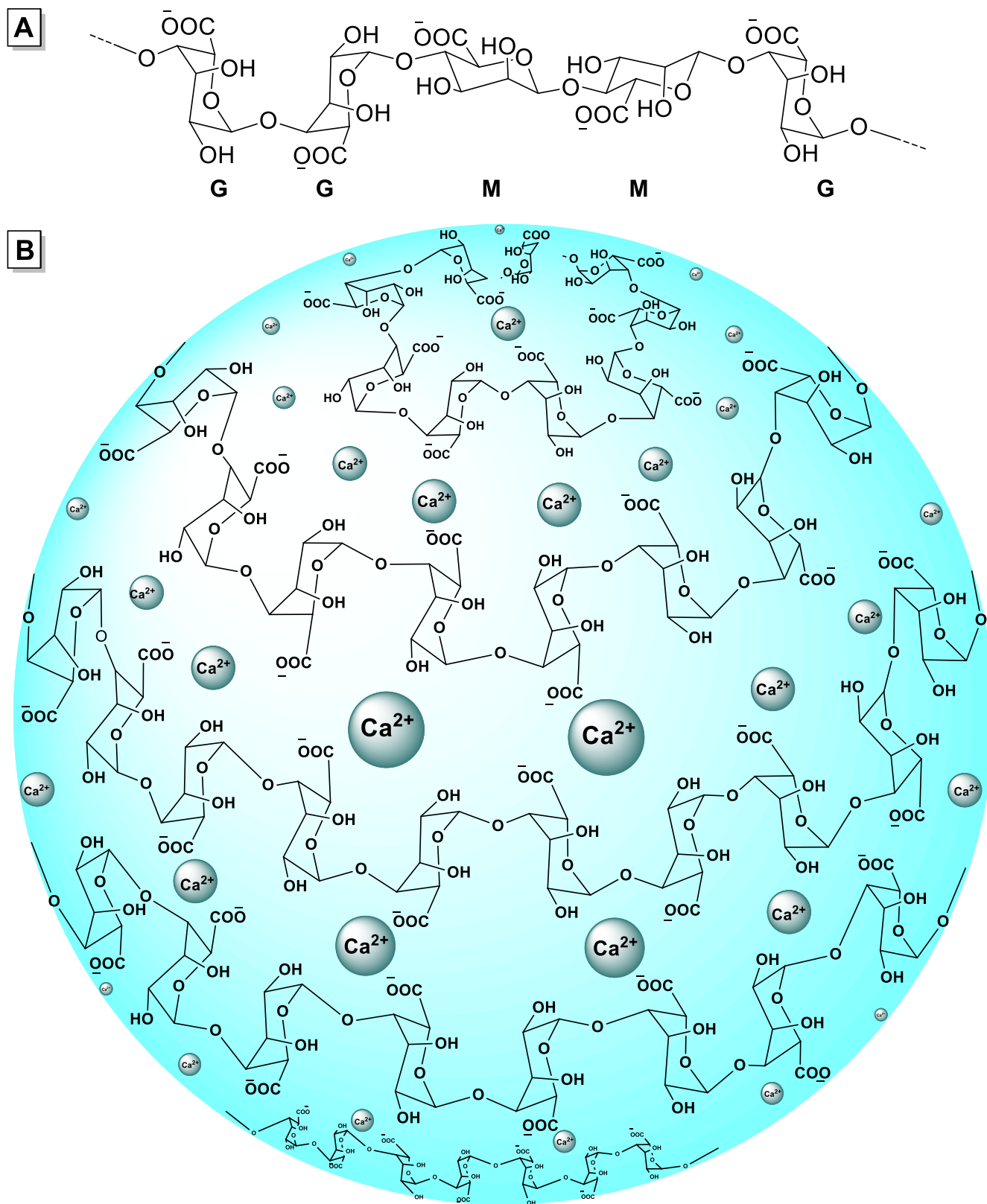
A inclusão de atividades experimentais na educação básica, como proposta de investigação, tem sido cada vez mais reconhecida pelos educadores como ponto-chave para alcançar os objetivos do ensino-aprendizagem (Gáspari e Bernardes, 2021). Neste sentido, este trabalho objetivou apresentar aos estudantes do ensino médio/técnico uma aplicação biotecnológica dos carboidratos através da preparação de esferas de alginato. O trabalho também teve como objetivo secundário, desmitificar a ideia de que os carboidratos estão associados apenas à dieta alimentar.

A partir dos questionamentos dos educandos acerca da formação das esferas de alginato, foi explicado que o alginato é um polímero natural aniônico de estrutura linear, composto pelos ácidos β -D-manurônico (M) e α -L-gulurônico (G) (Medeiros *et al.*, 2022), como apresentando na Figura 4 (página seguinte).

A partir da Figura 4.A (página seguinte), foi discutido também que os monômeros M e G presentes em sua estrutura do alginato ao entrarem em contato com cátions bivalentes (Ca^{2+} , Ba^{2+} e Cu^{2+}) sofrem uma gelificação ionotrópica através de intercâmbio iônico e reticulação para a formação de microesferas (Figura 4.B), gerando nano- ou micropartículas (Cacuro e Waldman, 2018; Medeiros *et al.*, 2022; Siqueira *et al.*, 2023). A distribuição dos blocos de M e G na estrutura do alginato, bem como a razão M/G, influenciam fortemente as propriedades deste polissacarídeo em solução para formação das esferas. Longos blocos de G (6 a 10 unidades) fazem com que este polissacarídeo seja mais rígido e tenha maior capacidade de complexar com íons divalentes para formar hidrogéis mais fortes (Cunha *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2022).

Para justificar os porquês de algumas esferas de alginato apresentarem formatos distintos e distribuição heterogênea de tamanho foram discutidas com participantes as seguintes possibilidades: i) talvez o gotejamento foi realizado simultaneamente com a agitação, o que poderia ter danificado as esferas; ii) provavelmente a distância de gotejamento não foi a adequada, o que pode ter interferido na formação das esferas; iii) é possível que o intervalo de gotejamento não tenha sido respeitado, o que supostamente provocou a fusão entre algumas esferas durante à sua formação; e iv) não se pode deixar de considerar também a validade do alginato usado no experimento. Com exceção desta última possibilidade, as outras três foram observadas em trabalhos anteriores (Siqueira *et al.*, 2021; Siqueira *et al.*, 2021).

Figura 4 – Ilustração da estrutura molecular do alginato de sódio (A) e esfera de alginato (B).



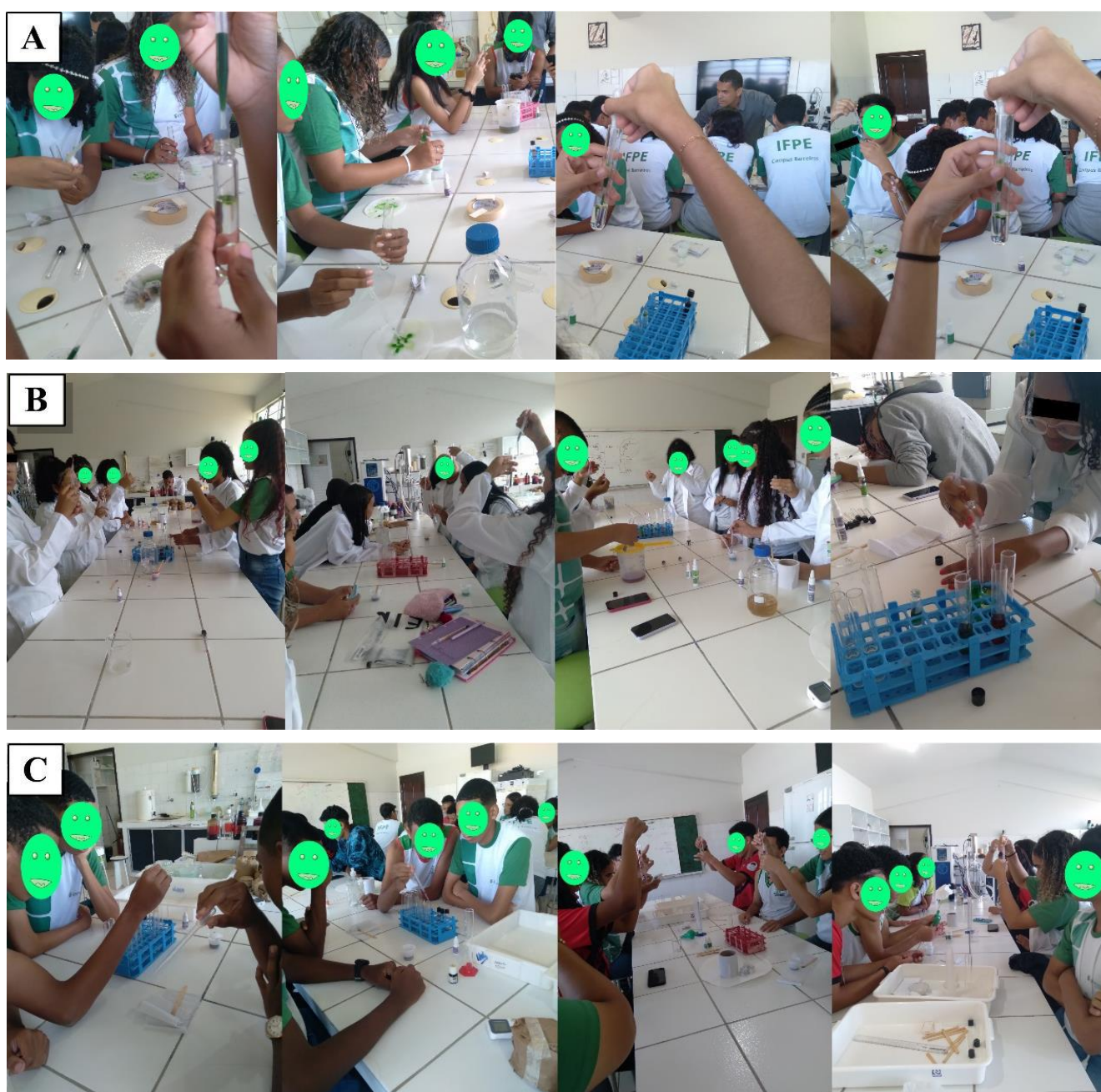
Fonte: Produção autoral, usando o software ChemDraw.

A avaliação da proposta pedagógica pelos participantes, de acordo com a análise dos dados, foi considerada satisfatória. Os percentuais observados a partir da escala de Likert foram considerados, em sua maioria, positivos. Vale salientar que o foco deste trabalho não foi a excessiva matematização dos conceitos ensinados, mas os processos de

construção, apropriação e interpretação desses conhecimentos. Portanto, por essa perspectiva, a atividade proposta foi considerada como exitosa.

Um fator muito importante que merece ser destacado é que a atividade experimental proposta neste trabalho possui uma ampla abrangência, podendo ser trabalhada em qualquer ano da Educação Básica, tais como o Ensino Fundamental, Ensino Médio (Siqueira *et al.*, 2021; Siqueira et al., 2021) ou Ensino Profissionalizante. A Figura 5 a seguir, apresenta estudantes do primeiro (Figura 5.A) e do terceiro período (Figura 5.B) do curso de Técnico em Alimentos, e discentes do segundo ano do curso Técnico em Agropecuária (Figura 5.C) do IFPE – *Campus Barreiros*.

Figura 5 – Estudantes de diferentes cursos Técnico em Alimentos (A e B) e Técnico em Agropecuária (C) participando da atividade proposta.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com estudantes dos cursos Técnico em Alimentos (Figura 5.A e B) discutiu-se a aplicação das esferas de alginato tanto na culinária artística ou cozinha molecular, quanto na conservação de alimentos. No último caso, foi destacado o trabalho de Groppo *et al.* (2009), que usaram o alginato de sódio na conservação de laranja pera e verificaram que a matriz de alginato manteve a qualidade sensorial da fruta. Outro trabalho analisado foi o de Ferreira, *et al.* (2021), que investigaram a estabilidade de compostos bioativos da beterraba após a encapsulação em micropartículas de alginato e observaram que durante 21 de armazenamento os componentes se mantiveram estáveis, mantendo suas características nutricionais.

Para os discentes do curso Técnico em Agropecuária (Figura 5.C) discutiu-se o trabalho de Silva *et al.* (2010), em que os autores descrevem a preparação de nanopartículas de alginato como sistema de entrega para o herbicida clomazone. Esse sistema de liberação faz com que o clomazone seja liberado em alvos específicos, evitando a contaminação do meio ambiente. Além deste trabalho, foi discutido também o uso do alginato no encapsulamento de fungos entomopatogênicos para aplicações no controle biológico (Celestino & Oliveira, 2021).

As propostas pedagógicas que se alinham ao lúdico usando materiais de fácil acesso incorrem nas tendências atuais para o ensino de Ciências. Em suma, o que estas tendências apresentam como ponto de diferenciação é justamente a valorização da participação ativa dos discentes; contrariando àquelas tendências tradicionais, de uso restrito ao livro didático (Glaser *et al.*, 2017).

Neste sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) estabelecem que para a disciplina de biologia, o ensino deve fazer a integração entre a pesquisa científica em curso com a contemporaneidade dos aprendizes, para fortalecer as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Neste sentido, a atividade experimental envolvendo o desenvolvimento de esferas de alginato pode ser considerada uma ferramenta didática poderosa para a disciplina de biologia, principalmente no tocante a temas relacionados à aplicação dos carboidratos. E neste contexto, esta proposta pode ser fundamental para atualizar a pesquisa científica ao cotidiano dos educandos (Brasil, 2017).

No cenário pedagógico atual, Silveira e Rocha (2016) destacam que as abordagens que trabalham com o aluno no centro da atividade de aprendizagem possibilitam uma maior aproximação da teoria com a prática profissional. Segundo os autores, a justificativa é que o aluno, através da mediação do professor, constrói o seu aprendizado. Os autores destacam ainda que esse modelo se contrapõe ao modelo tradicional em que o conteúdo e o professor eram os centros da atividade e as aulas, por sua vez, eram basicamente do tipo expositivas.

4. Considerações Finais

A introdução de recursos didáticos inovadores possibilita moldar o espírito questionador dos educandos para despertar à sua curiosidade e proporcionar uma maior assimilação dos conteúdos, capacitando-os como atores agentes na sociedade.

Neste sentido, a preparação de esferas de alginato, proposta neste trabalho, buscou não apenas demonstrar uma aplicação biotecnológica dos carboidratos, mas também avaliar a influência da experimentação na aprendizagem dos estudantes. Ao término das atividades, o trabalho foi avaliado como *Bom*, *Muito bom* e *Excelente* pela maioria dos participantes.

Neste contexto, a atividade proposta foi considerada como exitosa, pois estimulou a criatividade e o trabalho em equipe, o qual produziu resultados melhores do que o trabalho individual. Os estudantes se envolveram de maneira direta, como na experimentação; e de forma indireta, como na pesquisa bibliográfica, levantando questões de pesquisa, formulando hipóteses e justificativas e na concepção e planejamento da apresentação dos dados através de relatórios.

Vale salientar que o principal foco deste trabalho não foi a matematização dos conceitos ensinados; mas sim, os processos de construção, apropriação e interpretação desses conhecimentos.

As esferas de alginatos são de fácil obtenção e possuem uma vasta gama de aplicações. Com base nestas características, trabalhos futuros poderão ser propostos envolvendo outras temáticas, como o meio ambiente por exemplo, uma vez que estas matrizes de alginatos já são bastantes estudadas e usadas na despoluição de rios contaminados por corantes têxteis.

Agradecimentos

Ao Técnico do Laboratório de Ensino de Biologia do IFPE – *Campus Barreiros*, Marcos Juliano Gouveia (Figura 5.A), pelo apoio nas aulas práticas.

Referências

- Alcântara, N. R. & Moraes filho, A. V. (2015). Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de Bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13(3), 54-72.
- Antunes Neto J. M. F., Melo P., Agostinho Filho J. P., Magalhães N. P., Pilatti, L. S. & Solder, M. O. (2006). Desmistificando a ação do lactato nos eventos de dor muscular tardia induzida pelo exercício físico: proposta de uma aula prática. *Revista de Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 4(2), 1-15.
- Barbosa, P. P. S., Gadelha, T. S., Gadelha, C. A. A. & Persuhn, D. C. (2014). Perfil – Biomoléculas. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 14(1), 24-36.
- Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino médio. Brasília: MEC, 2017. <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- Cacuro, T. A. & Waldman, W. (2018). Alginato e seu uso como polímero sensível a pH. *Revista Virtual de Química*, 10(5), 1607-1617.
- Carvalho, J. C. Q. & Bossolan, N. R. S. (2014). "Sintetizando proteínas", o jogo: proposta e avaliação de uma ferramenta educacional. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 12(1), 49-61.
- Celestino, M. F. & Oliveira, J. A. S. (2022) Métodos de encapsulamento de fungos entomopatogênicos para sua aplicação no controle biológico. *Research, Society and Development*, 11(16), e123111638031, 1-8.
- Cherman, K. A., *et al.* (2022). Caracterização de cobertura comestível a base de alginato e óleos essenciais. *Research, Society and Development*, 11(14), e26111435898, 1-16.
- Covizzi, U. D. S. & Andrade P. F. L. (2012). Estratégia para o ensino do metabolismo dos carboidratos para o curso de farmácia, utilizando metodologia ativa de ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 10(1), 10-22.
- Cunha, P. L. R., Paula, R. C. M. & Feitosa, J. P. A. (2009). Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. *Química Nova*, 32(3), 649-660.
- Ferreira, V. F., Silva, F. C., Ferreira, P. G. (2013). Carboidratos como fonte de compostos para a indústria de química fina. *Química Nova*, 36(10), 1514-1519.
- Ferreira, L. P. C., *et al.* (2021). Microencapsulação de extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) pelo processo de gelificação iônica. *Research, Society and Development*, 10(12), e454101220171, 1-15.
- Francisco Junior, W. E. (2008). Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. *Química Nova na Escola*, 29, 1-6.
- Gáspari, P. F. & Bernardes, C. F. (2021). Caracterização experimental de carboidratos. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 20(2), 1-7.
- Glaser, V., Pierre, P. M. O. & Fioreze, A. C. C. L. (2017). Estratégias didático-pedagógicas como alternativas para o ensino de Biologia Celular: curso aos professores de escolas públicas de Ensino Médio de Curitiba-SC. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 15(2), 49-74.
- Grosso, V. D., Spoto, M. H. F., Gallo, C. R. & Sarmiento, S. B. S. (2009). Efeito do cloreto de cálcio e da película de alginato de sódio na conservação de laranja 'Pera' minimamente processada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 107-113.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140(22), 55.
- Lima, A. S., Azzolin, K. A. S., Roos, D. H., Moresco, T. R., Rocha, J. B. T. & Barbosa, N. V. (2017). Atividades experimentais nos anos iniciais do ensino fundamental: ferramenta metodológica para a construção do processo de ensino-aprendizagem. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 15(1), 40-63.
- Martins, T. G. T. *et al.* (2021). Larvicidal activity of microparticles of *Melissa officinalis* L. essential oil (Lamiaceae) against *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Research, Society and Development*, 10(1), e35710111166.
- Medeiros, K. A. *et al.* (2022). Desenvolvimento de grânulos de alginato para veiculação de derivado tiofênico 5CN06 por gelificação ionotrópica. *Research, Society and Development*, 11(14), e26111435898.
- Oliveira, F. S., Lacerda, C. D., Oliveira, P. S., Coelho, A. A. & Bianconi, M. L. (2015). Um jogo de construção para o aprendizado colaborativo de Glicólise e Gliconeogênese. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 30(3), 45-5.

Pazinato, M. S. & Braibante, M. E. F. (2014). Oficina temática composição química dos alimentos: uma possibilidade para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 36(4), 289-296.

Silva, M. S., Cocenza, D. S., Melo, N. F. S., Grillo, R., Rosa, A. H. & Fraceto, L. F. (2010). Nanopartículas de alginato como sistema de liberação para o herbicida clomazone. *Química Nova*, 33(9), 1868-1873.

Silva, R. O., Freitas Filho, J. R. & Freitas, J. C. R. (2018). D-Glicose, uma biomolécula fascinante: história, propriedades, produção e aplicação. *Revista Virtual de Química*, 10(4), 1-17.

Silva, S. & Fusinato, P. A. (2022). Alfabetização Científica ou Letramento Científico? Uma investigação sobre os caminhos para a educação científica. *Research, Society and Development*, 11(9), e55911932075.

Silveira, J. T. & Rocha, J. B. T. (2016). Produção científica sobre estratégias didáticas utilizadas no ensino de Bioquímica: uma revisão sistemática. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 14(1), 1-15.

Siqueira, E. C., França, J. A. A., Holanda, S. C. & Formiga, F. R. (2021). A nanotecnologia aplicada ao ensino de ciências. In: Cruz, D. L. V. (Org.), *Ensino das ciências: biologia* (cap. 5). Triunfo-PE: Omnis Scientia.

Siqueira, E. C., França, J. A. A., Souza, R. F. M., Leoterio, D. M. S., Cordeiro, J. N. & Doboszewski, B. (2023). Recent advances in the development of the physically crosslinked hydrogels and their biomedical applications. *Research, Society and Development*, 12(8), e18212843073.