

O Lúdico no Ensino de Genética Molecular: uma abordagem que estimula os estudantes e favorece a aprendizagem

The Ludic in Molecular Genetics Teaching: an approach that stimulates students and favours learning

El juego en la enseñanza de la genética molecular: un enfoque que estimula a los estudiantes y favorece el aprendizaje)

CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI¹, MELISSA FONTES LANDELL²

¹ Universidade Federal de Alagoas

² Universidade Federal de Alagoas

RESUMO: Este artigo é resultado de uma pesquisa quanti-quali, cujo objetivo é implementar e avaliar a prática pedagógica focada na utilização de modelos didáticos para explicar fenômenos genéticos e despertar o interesse dos estudantes do Ensino Médio neste campo, consubstanciando teoria e prática. O público-alvo foram 120 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, divididos em dois grupos: controle e experimental, submetidos a metodologias distintas. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: a primeira envolveu a aplicação dos questionários de conhecimentos prévios; a segunda abranger o plano de ação e a terceira a aplicação da avaliação pós-teste. Após análise quanti-quali dos resultados foi possível inferir que os estudantes do grupo experimental demonstraram melhores desempenhos, quando comparados ao grupo controle. Concluímos, portanto, que a utilização de modelos didáticos nas aulas de Genética Molecular por estudantes de Ensino Médio contribui para melhoria da aprendizagem.

MODELO DIDÁTICO. SÍNTESE PROTÉICA. METODOLOGIA ATIVA.

ABSTRACT: This article is the result of a quanti-quali research, whose objective is to investigate the importance of play in the study of Molecular Genetics to awaken the interest of high school students in this field, substantiating theory and practice. The target audience was 120 third grade high school students, divided into two groups: control and experimental, subjected to different methodologies. The research was developed in three stages: the first involved the application of the prior knowledge questionnaires, the second the action plan, and the third the application of the post-test evaluation. After a quantitative analysis of the results it was possible to infer that the students in the experimental group showed better performances when compared to the control group. We conclude, therefore, that the use of didactic models in Molecular Genetics classes by high school students contributes to the improvement of learning.

DIDACTIC MODEL. PROTEIN SYNTHESIS. ACTIVE METHODOLOGY.

RESUMO: Este artículo es el resultado de una investigación cuantitativa y cualitativa, cuyo objetivo es implementar y evaluar la práctica pedagógica centrada en el uso de modelos didácticos para explicar los fenómenos genéticos y despertar el interés de los estudiantes de secundaria en este campo, fundamentando la teoría y la práctica. Los destinatarios eran 120 alumnos de 3º de bachillerato, divididos en dos grupos: de control y experimental, sometidos a diferentes metodologías. La investigación se desarrolló en tres etapas: la primera consistió en la aplicación de los cuestionarios de conocimientos previos; la segunda abarcó el plan de acción y la tercera la aplicación de la evaluación posterior a la prueba. Tras el análisis cuantitativo de los resultados se pudo inferir que los alumnos del grupo experimental mostraron un mejor rendimiento en comparación con el grupo de control. Concluimos, por tanto, que el uso de modelos didácticos en las clases de Genética Molecular por parte de los alumnos de secundaria contribuye a la mejora del aprendizaje.

MODELO DIDÁCTICO. SÍNTESIS DE PROTEÍNAS. METODOLOGÍA ACTIVA.

Introdução

Tradicionalmente, o ensino de Biologia, no Ensino Médio, vem sendo desenvolvido numa perspectiva de abordagem que valoriza a memorização de conceitos em detrimento de uma prática contextualizada. Isso gera nos estudantes desmotivação e contribui para uma aprendizagem sem significado (Krasilchik, 2016).

Para Krasilchik (1987), esse fato é consequência de uma má formação dos professores da educação básica, bem como da ausência de formação continuada que possibilitem romper paradigmas para a atualização e a construção de novas metodologias de ensino. Esse despreparo reflete em uma grande dificuldade na proposição de recursos didáticos que visam facilitar o processo ensino-aprendizagem (Justina & Ferla, 2006).

No modelo tradicional de educação, o processo de ensino e aprendizagem é marcado por uma “educação bancária”, em que os estudantes são os depositários e o professor o depositante do conhecimento. De acordo com Freire (1996), na pedagogia ativa orienta-se que os estudantes sejam desafiados com situações problematizadoras. Assim:

[...] é fundamental que os estudantes possam experimentar as situações problematizadoras por meio de atividades práticas. Ciência não se encerra no fazer, é necessário que os estudantes possam discutir com seus pares para testar hipóteses e trocar ideias, assim como é fundamental para os estudantes que o professor conduza uma discussão com toda classe para ouvir o que foi feito, como foi feito o porquê daquele jeito ter dado certo. (Carvalho, 2018, p. 65).

Da mesma forma, Bacich & Moran (2018) apontam que “as metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do estudante, ao seu desenvolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor”. Nessa perspectiva de amparar os estudantes é que torna a aprendizagem ativa e não apenas de transmitir informações (Bergmann & Sams, 2018).

Estudos apontam que o desenvolvimento desse tipo de aprendizagem, baseado em metodologias ativas, passa a ser também cooperativa, e é cada vez mais necessário que se perceba que o protagonismo do estudante depende em grande parte do papel de *designer* de estratégias metodológicas exercidas pelo professor. “[...] na qual o estudante amplia sua aprendizagem por meio de diferentes formas de envolvimento, interação e compartilhamento de saberes” (Bacich & Moran, 2018, p. 4).

Estes pontos demonstram a necessidade de um trabalho voltado para o desenvolvimento de competências e habilidades e da busca de metodologias que promovam a consolidação da aprendizagem, ao aproximar teoria e prática de forma cooperativa, fundamentadas nas ideias de Vygotsky, cujo foco

deve estar pautado na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), caracterizada pela influência de instrumentos e do professor como mediador do conhecimento. Vygotsky definiu a ZDP como:

(...) a ideia da existência de uma área potencial do desenvolvimento cognitivo, definida como a distância que medeia entre o nível atual do desenvolvimento da criança, determinado pela sua capacidade atual de resolver problemas individualmente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com pares mais capazes. (Vygotsky, 1978 *apud* Fino, 2001, p. 5).

Com a intenção de incutir a pedagogia ativa no processo de ensino aprendizagem, uma das abordagens que vem sendo empregada em grande escala por muitos pesquisadores envolvidos com o ensino de Biologia é o uso de modelos didáticos. Tais modelos permitem uma atuação mais efetiva e prazerosa dos estudantes na construção do conhecimento, sendo o professor o mediador do fazer pedagógico (Emiliano & Abdala, 2016).

Feijó e Delizoicov (2016), fundamentados nas ideias de Bachelard, apontam que o ensino de Genética Molecular apresenta elevado grau de abstração que muitas vezes é trabalhado de forma superficial com estudantes do Ensino Médio, não levando em consideração seus conhecimentos prévios, podendo gerar obstáculos epistemológicos na construção do conhecimento científico.

Cavalcanti (2019) assinala que se deve considerar a grande relevância social da Genética, em especial a Genética Molecular, devido à sua capacidade de ter aplicações práticas no nosso dia a dia. Como por exemplos dessas aplicações, pode-se citar: transmissão de características que são repassadas de geração a geração, produção de organismos geneticamente modificados, investigação criminal, identificação de paternidade de indivíduos, diagnóstico pré-natal, entre outras. É cada vez mais importante inserir os estudantes nas vivências que a ciência e a tecnologia proporcionam, bem como contribuir para uma educação científica que promova a imersão dos estudantes em situações reais.

Portanto, esteada nos princípios da pedagogia ativa, que tem como principais pensadores: Piaget, Vygotsky e Montessori, o presente trabalho teve como objetivo implementar e avaliar a prática pedagógica focada na utilização de modelos didáticos para explicar fenômenos genéticos, em especial da Genética Molecular, na perspectiva de minimizar a distância entre teoria e prática.

Percurso Metodológico

Entendendo que toda pesquisa pressupõe o levantamento de dados para posterior análise, foi preciso delimitar sua abordagem. Nesse sentido, adotamos as abordagens quantitativas e qualitativas simultaneamente, pois segundo Fonseca *apud* Gerhardt & Silveira (2009, p. 33), “(...) A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente”.

No aspecto quantitativo utilizamos o levantamento de dados estatísticos que foram quantificados após análise dos questionários de conhecimentos prévios e pós teste, sem que haja uma preocupação de instrumentos formais e estruturados e, a análise qualitativa foi efetivada mediante observação das competências desenvolvidas pelos estudantes ao manipularem os modelos didáticos, pois os conhecimentos construídos, certamente, extrapolaram o conhecimento disciplinar e, segundo Ludke & André (1986), a observação nas abordagens qualitativas é um dos instrumentos básicos para a coleta de dados.

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede estadual de Pernambuco, localizada na área urbana do município de Barreiros-PE, distante 100 km da capital pernambucana - Recife e 165 km da capital alagoana – Maceió. A escola é classificada como de grande porte no ano da aplicação desta pesquisa,

agregando estudantes do Ensino Médio, Educação de Jovens e Adultos em nível Médio – EJA médio e o Projeto Travessia¹.

O público-alvo foram 120 estudantes de terceiro ano do Ensino Médio regular de quatro turmas, sendo duas do turno da manhã e duas do turno da tarde, os quais tiveram sua integridade assegurada pela resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Ministério da Saúde (Brasil, 2012), e 510 de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016), após a aprovação pelo comitê de ética da Universidade Federal de Alagoas sob o CAAE 84513518.4.0000.5013.

Os conteúdos referentes à Genética Molecular foram abordados imediatamente após as divisões dos grupos controle e experimental, tomando-se como critério os resultados do questionário de conhecimentos prévios. Os grupos vivenciaram metodologias distintas, de tal forma que no grupo controle foi empregada a metodologia tradicional, com aulas apenas expositivas, centralizada no professor que utilizou apenas o quadro branco para exposição e o livro didático de Ogo & Godoy (2016). Já no grupo experimental, adotou-se uma metodologia ativa, com ensino investigativo e adoção de situações-problemas com a utilização de modelos didáticos.

Vale salientar que a metodologia traçada neste artigo se refere à abordada no grupo experimental, na perspectiva de um trabalho voltado para uma aprendizagem ativa e colaborativa. Conforme aponta Bacich & Moran (2018, p. 4) “[...] o estudante amplia sua aprendizagem por meio de diferentes formas de envolvimento, interação e compartilhamento de saberes”. Os estudantes do grupo experimental foram divididos em equipes com 4 a 6 estudantes.

Como instrumento de coleta de dados, utilizamos questionários estruturados. Inicialmente, os estudantes foram submetidos a um questionário de conhecimentos prévios. Em seguida, realizado o plano de ação, os estudantes responderam a um questionário pós-teste. Realizado o levantamento dos conhecimentos prévios com a utilização de um questionário estruturado, o plano de ação foi distribuído da seguinte forma: no primeiro momento abordou-se a estrutura dos ácidos nucleicos; no segundo momento, o ciclo celular com foco na fase S da replicação do DNA; e por fim, no terceiro momento, a síntese proteica. Em cada um desses momentos trabalhou-se três aulas totalizando 9 horas aulas.

Todas as aulas serão iniciadas com a exposição dos objetivos, resgate dos conhecimentos prévios, breve exposição do conteúdo, separação das equipes e utilização de modelos didáticos e situações-problemas.

Plano de Ação

1ª Momento: Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos.

Com a sala dividida em equipes, o professor deve entregar o primeiro modelo didático em MDF² para se trabalhar a regra da complementaridade entre as bases nitrogenadas propostas por Watson & Crick, 1953 e as diferenças do DNA e RNA.

Na oportunidade, os estudantes serão desafiados a estabelecer a relação de complementaridade entre as bases nitrogenadas, ou seja, conectar o modelo da base nitrogenada Adenina (A) - 3 peças a peça que representa a base nitrogenada Timina (T) - 3 peças através de uma peça central que representa as pontes de hidrogênios - 3 peças. Ao mesmo tempo, conectam a peça que representa a base nitrogenada

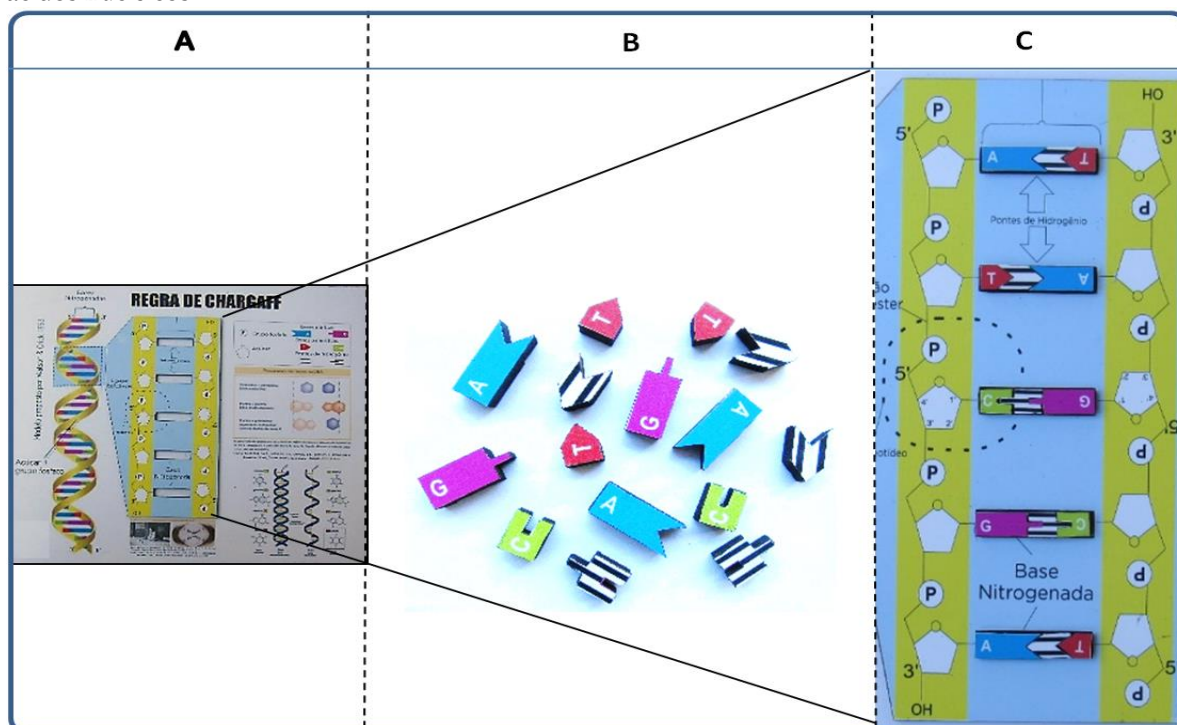
¹ O Projeto Travessia é um programa da Fundação Roberto Marinho, adotado pelo governo de Pernambuco, por meio da Secretaria Estadual de Educação, que visa, por meio de telecurso, melhorar os índices de defasagem idade-ano da rede pública.

² “*Medium-Density Fiberboard* (em inglês), Placa de fibra de média densidade, em tradução livre, mais conhecido como *MDF* (Dutra 2015), é um material derivado da madeira. O *MDF* é um material uniforme, plano e denso, não possuindo nós. Empregado principalmente em móveis, é um ótimo substituto para a madeira, em exceção para quando é necessária maior rigidez” (*Wikipédia*, 2020).

Citosina (C) – 2 peças e Guanina (G) – 2 peças através de uma peça central que representava as três pontes de hidrogênio – 2 peças.

Neste intermédio, os estudantes poderão analisar as informações apresentadas no modelo didático e discutir as possibilidades de complementaridade das bases nitrogenadas, de acordo com sua forma, pois propositalmente, o modelo didático apresenta reentrâncias com encaixes perfeitos e extremidades coesivas, conforme figura 1B.

Figura 1. Modelo Didático em material *MDF* (dimensões: 60 cm x 60 cm), com a estrutura impressa do *DNA* contendo espaços na região central para alocar as peças que representam as bases nitrogenadas e pontes de hidrogênios para a compreensão da regra de Chargaff, e a composição e estrutura básica dos ácidos nucleicos.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019. Em **A** – O modelo didático para se trabalhar a regra de Chargaff; **B** – Bases nitrogenadas e pontes de hidrogênio com extremidades coesivas; **C** – Imagem ampliada de uma possibilidade de arranjo das bases e suas pontes.

Intuitivamente, os estudantes serão desafiados a estabelecer relações de afinidades entre as bases nitrogenadas (A com T e C com G), simulando na prática a afinidade bioquímica, tendenciados a concluir da mesma forma que Erwin Chargaff em sua análise molecular. Imediatamente, após à alocação das peças, e considerando a universalidade da molécula de *DNA*, os estudantes serão, mais uma vez, desafiados a postular as regularidades observadas nesta prática, de acordo com as problematizações apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Questões propostas com as respostas esperadas, segundo Griffiths *et al.* (2013) para postulações das regularidades propostas por Erwin Chargaff.

Questões para a elucidação dos postulados de Chargaff (Considerando o trecho do <i>DNA</i> destacado no modelo)	Respostas esperadas
Observando a quantidade de Adenina (A) no <i>DNA</i> apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação a quantidade de Timina (T)?	A quantidade de Adenina é sempre igual à quantidade de Timina.
Observando a quantidade de Citosina (C) no <i>DNA</i> apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação a quantidade de Guanina (G)?	A quantidade de Citosina é sempre igual à quantidade de Guanina.
Observando a quantidade de nucleotídeos pirimídicos (T+C), pode-se inferir que é igual a quantidade de nucleotídeos purínicos (A+G)? Justifique	Sim. Pois a quantidade de nucleotídeos pirimídicos é 5, igual à quantidade de nucleotídeos purínicos.
Observando a quantidade de nucleotídeos A+T, pode-se inferir que é igual a quantidade de C+G? Justifique.	Não. Pois a quantidade de A+T é 6, já a quantidade de C + G é 4.
A razão entre A+T/C+G é característico entre organismos da mesma espécie. Por que a razão entre eles não se repete entre organismos de espécies diferentes?	Devido a quantidades diferentes de bases nitrogenadas cada espécie apresenta uma razão específica.
Observando as ligações das pontes de hidrogênios, onde cada linha preta nas peças representa uma ligação, quais são os pares mais estáveis, entre A e T ou entre C e G? Justifique!	As ligações entre C e G são mais estáveis por terem três pontes de hidrogênio, enquanto entre A e T têm apenas duas pontes
De acordo com a quantidade de cada base nitrogenada do <i>DNA</i> , representando, determine o percentual de cada uma delas.	20% de Citosina e Guanina 30% de Timina e Adenina

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

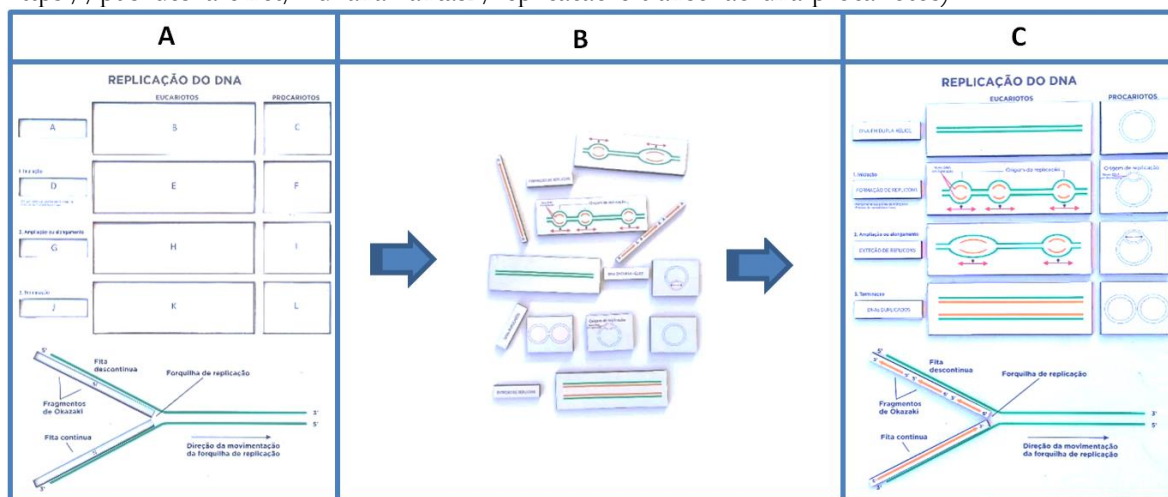
Na sequência, o professor poderá levantar discussão acerca das respostas atribuídas em cada questão pelas equipes, fazendo as devidas intervenções.

2ª Momento: Ciclo celular e Replicação do *DNA*

Nessa aula, o professor resgatará os conhecimentos prévios dos estudantes referentes ao conteúdo sobre o ciclo celular, com destaque na fase S (Interfase). Deverá ser apresentado resumidamente como ocorre a replicação do *DNA*, tanto em procariotos quanto em eucariotos, e sua importância. Para Griffiths *et al.* (2013), “Esse é o modo pelo qual a vida perpetua sua cópia através do tempo, tanto na produção de novas gerações como na regeneração de um novo organismo vivo a partir de uma única célula progenitora como um ovócito fertilizado.” Ao final, os estudantes deverão assistir ao vídeo “Animação sobre a Replicação do *DNA*” a partir do *link* <https://youtu.be/T3RK7w0nfOc>, que aborda as etapas da replicação do *DNA*.

Na sequência, os estudantes receberão um modelo didático (Tabuleiro) em material *MDF*, e um conjunto de 14 peças para serem alocadas no tabuleiro, de modo que atendam a sequência correta de eventos que ocorrem durante a replicação do *DNA* em procariotos e eucariotos (Figura 2). O tabuleiro que representa este modelo apresenta reentrâncias com letras em ordem alfabética nos espaços próprios para alocar as 14 peças dotadas de uma frase, indicando a fase da replicação (*DNA EM DUPLA HÉLICE*, *FORMAÇÃO DE REPLICONS*, *EXTENSÃO DOS REPLICONS* e *DNAS DUPLICADOS*) ou uma imagem representando cada uma das etapas que ocorrem tanto em eucarioto quanto em procarioto.

Figura 2. Modelo didático em material *MDF*, (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para estudo das etapas da replicação do *DNA* em eucariotos e procariotos, (Imagem extraídas de Dantas, 2012 disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcricao-dna-procariotos>).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019. Em **A** o modelo como deve ser entregue o modelo para alocar as peças; em **B**, as 14 peças a serem alocadas; em **C** as peças corretamente alocadas.

Para que as peças sejam devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de replicação em eucariotos e procariotos, cada letra presente nos espaços do modelo didático apresenta correspondência com as letras indicadas no Quadro 2, com seus respectivos textos-chaves. À medida que um dos estudantes ler cada um dos textos, os demais componentes da equipe devem analisar a possibilidade da peça se encaixar no local apropriado.

À medida que um dos estudantes ler cada um dos textos, os demais componentes da equipe devem analisar a possibilidade da peça se encaixar no local apropriado.

Quadro 2. Textos-chaves que orientam a localização das peças no modelo didático que trata da replicação do *DNA*.

LETRAS	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À REPLICAÇÃO
A	Termo que se refere a molécula de ácido desoxirribonucleico – molécula que apresenta duas fitas que será replicada na fase S da interfase (Fase que antecede a duplicação da célula);
B	A imagem representa uma longa cadeia de um organismo eucarioto, composta de dupla-hélice em que cada hélice servirá de molde ou modelo para a cópia de ambas;
C	Cromossomo circular de <i>Escherichia coli</i> (bactéria), com seu <i>DNA</i> em dupla hélice;
D	Termo que se refere a primeira fase da replicação do <i>DNA</i> – Nesta fase forma(m)-se a(s) bolha(s) de replicação;
E	Pelo tamanho do <i>DNA</i> em eucariotos a replicação ocorre em vários pontos da cadeia de forma bidirecional. Portanto, há a formação de muitos replicons.
F	Em <i>E. coli</i> a replicação também é bidirecional, no entanto, com um único replicon;
G	Termo utilizado para demonstrar que as origens de replicação ampliaram sua atividade;
H	Fusão dos replicons em eucariotos;
I	Extensão da origem de replicação no <i>DNA</i> em <i>E. coli</i> ;
J	Termo que representa a replicação semiconservativa;
K	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em eucarioto, composta de duas fitas duplas, ou dois <i>DNA</i> s, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;

L	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em procarioto, composta de duas fitas duplas circulares, ou dois <i>DNA</i> s, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
M	Como o acréscimo ocorre apenas nas pontas 3', a polimerização em um molde é descontínua em trechos curtos (Fragmentos de Okazaki); Cadeia retardada. Lembre-se: a outra fita é antiparalela;
N	Fita contínua, produzindo o filamento contínuo (<i>leading</i>), sempre no sentido 5' para 3'. Lembrete: posição antiparalela.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

Ao final, os estudantes, serão convidados a defender a hipótese da sequência de eventos atribuída por sua equipe e baseada nos conhecimentos adquiridos anteriormente. Dessa forma, foi iniciada uma discussão para analisar as justificativas, confrontando cada uma das sequências apresentadas. Essa prática deverá favorecer um ambiente de reflexão da prática e tratando o erro como uma estratégia didática, uma possibilidade de aprendizagem.

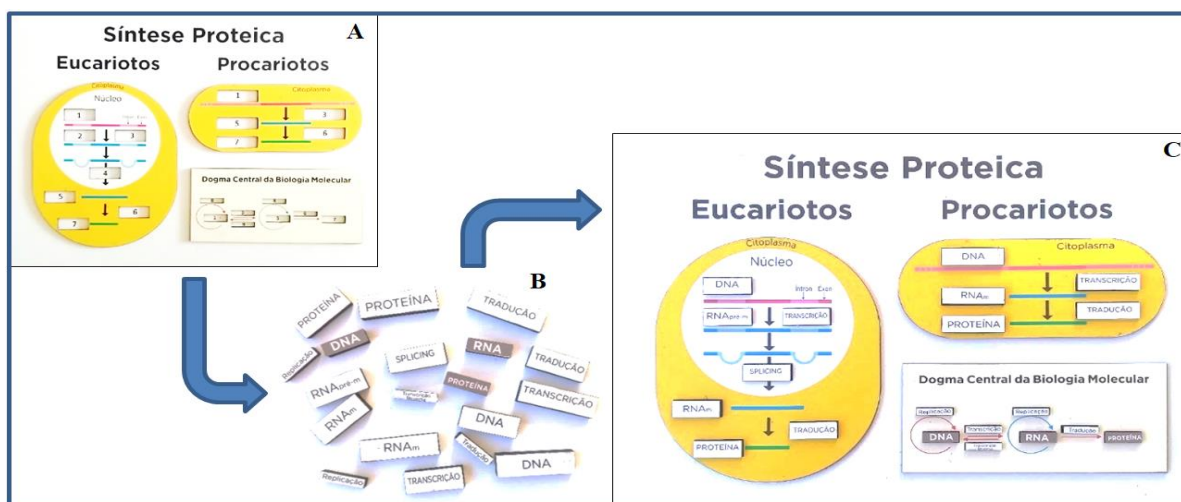
3º momento: Transcrição e tradução do código genético.

Após o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, este momento se iniciará com uma breve discussão a respeito dos processos envolvidos na produção da proteína, como a transcrição e a tradução do código genético universal, credenciais que determinam o Dogma Central da Biologia Molecular.

Em seguida cada equipe receberá um modelo didático (tabuleiro) em material *MDF* (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para a compreensão das etapas a síntese proteica em procariotos, eucariotos e sua relação com o Dogma Central da Biologia Molecular.

Este modelo é composto por 20 peças para serem alocadas no tabuleiro que trata da síntese proteica em procariotos, eucariotos e o esquema do dogma central da Biologia Molecular, conforme ilustração de Dantas (2012). O tabuleiro que representa este modelo apresenta reentrâncias com numerais indo-arábicos de 1 a 9 com espaços próprios para alocar as 20 peças em *MDF* dotadas de uma palavra ou sigla, sendo estas: DNA, REPLICAÇÃO, RNAPré-m, SPLICING, RNAm, TRANSCRIÇÃO, TRANSCRIÇÃO REVERSA, TRADUÇÃO e PROTEÍNA; os numerais presentes no tabuleiro e os termos apresentados se repetem mais de uma vez.

Figura 3. Modelo didático em material *MDF* (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para a compreensão das etapas a síntese proteica em procariotos, eucariotos e sua relação com o Dogma Central da Biologia Molecular. (Imagem extraídas de Dantas (2012) disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcriao-dna-procariotos>).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019. Em **A** o modelo como foi entregue para alocar as peças; em **B** as 20 peças a serem alocadas; em **C** as peças corretamente sobrepostas.

Para que as peças sejam devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de síntese proteica em procariotos, eucarionte e as suas relações com dogma central da biologia, cada numeral presente nos espaços no tabuleiro apresenta correspondência com os numerais indicados no Quadro 3 e com seus respectivos textos-chaves. À medida que um dos estudantes for lendo cada um dos textos-chaves, os demais componentes da equipe deverão analisar a possibilidade da peça se encaixar no local apropriado.

Quadro 3. Textos chaves para a alocação das peças no modelo didático.

Nº	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À SÍNTESE PROTEICA
1	Molécula de ácido desoxirribonucleico, empregada para identificar pessoas em casos de crimes e de paternidade, bem como para estabelecer as relações de parentescos entre os vários organismos numa árvore filogenética.
2	Ácido ribonucleico pré-mensageiro; ainda com os íntrons que são posteriormente removidos; presentes apenas em células eucarióticas.
3	A primeira etapa na transferência da informação do gene para a proteína. Processo de formação do ácido ribonucleico a partir da cadeia-molde de <i>DNA</i> . Sinônimo de copiar, escrever.
4	Processo que remove os íntrons e liga os éxons, só ocorre em células eucarióticas, já que o <i>DNA</i> das células procarióticas não possui íntrons.
5	Refere-se a molécula de ácido ribonucleico (mensageiro).
6	Processo de leitura e interpretação do código genético, a partir de uma sequência linear de nucleotídeos em aminoácidos.
7	Cadeia polipeptídica responsável pelas características fenotípicas do indivíduo.
8	Processo de duplicação dos ácidos nucleicos. No <i>DNA</i> ocorre de forma semiconservativa.
9	Processo que ocorre em vírus que conseguem produzir <i>DNA</i> a partir do <i>RNA</i> pela enzima transcriptase reversa.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

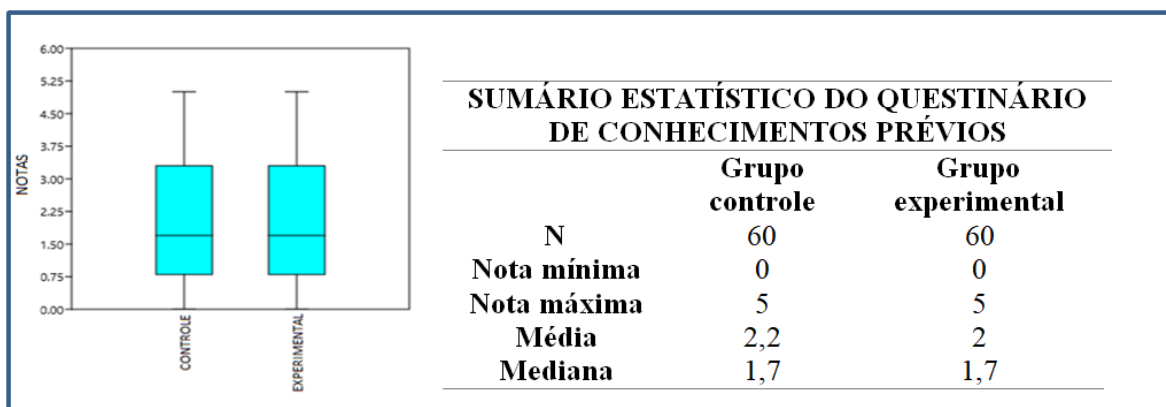
Ao final, o professor deverá iniciar uma nova discussão, solicitando que cada equipe tente justificar o motivo pelo qual as peças foram arranjadas, defendendo suas ideias e promovendo aprendizagens

colaborativas. Desta forma o professor pode valorizar o protagonismo do jovem na busca de soluções em situações-problemas.

Resultados e Discussões

Após a aplicação do questionário de conhecimento prévio (QCP), os resultados foram tabulados para análise acerca da temática, possibilitando avaliar quantitativamente os resultados quando pareada com a avaliação pós-teste e a relação entre os níveis de aprendizagem dos grupos controle e experimental (Figura 4).

Figura 4. Resultados do Questionário de Conhecimentos Prévios (QCP).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019. À esquerda gráficos *Box plot* e, à direita sumário estatístico do mesmo conjunto de dados referentes aos resultados do QCP de ambos os grupos (controle e experimental).

A partir da análise estatística quanto ao questionário (QCP) dos 120 estudantes, sendo 60 do grupo controle e 60 do grupo experimental, , obtivemos uma regularidade nos resultados em ambos os grupos, sendo: a nota mínima 0, nota máxima 5 e a mediana de 1,7 . Ocorrendo uma tênue variação na média aritmética dos grupos, sendo: 2,2 no grupo controle e 2 grupo experimental.

Aplicando o teste de normalidade ou de distribuição normal Shapiro-Wilk, realizado a partir do software Past 3, observou-se que os resultados apresentaram uma distribuição normal. Ao utilizar o teste estatístico t univariado, observou-se que os valores das médias “não” apresentaram diferenças significativas entre o grupo controle e o experimental, considerando um grau de confiança de 95%.

No contexto da aplicação do primeiro momento do Plano de Ação, observamos que na tentativa de operacionalizar corretamente os postulados de Erwin Chargaff, e após as arguições dos componentes das equipes, os estudantes puderam associar os conhecimentos construídos utilizando uma atividade impressa, para responder a situação-problema, contextualizando a regra de Chargaff, e a composição dos ácidos nucleicos. Neste intermédio, os estudantes puderam analisar as informações apresentadas no modelo didático e discutir as possibilidades de complementaridade dessas bases de acordo com a estrutura do modelo didático.

Dessa forma, puderam determinar as porcentagens das bases nitrogenadas em DNAs de diferentes organismos associando a universalidade da molécula e, aplicando conhecimentos da matemática e da química como abordagem interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem. Neste contexto os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, 1996), apontam que um dos princípios básicos da educação está pautado no pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, numa perspectiva, inter, multi e transdisciplinar permitindo o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

Durante a análise dos resultados e discussão das respostas pelos componentes das equipes, observou-se o protagonismo dos estudantes em relação à sua própria aprendizagem. Isso resultou em uma aprendizagem ativa, reflexiva, participativa e cooperativa, além de estabelecer relações interpessoais, discutindo opiniões, respeitando as singularidades e atribuindo respostas consensuais que melhor atendessem a solução daquelas situações problematizadoras. Enquanto o papel do professor neste contexto foi de mediador da aprendizagem, arguindo e ao mesmo tempo levantando reflexões acerca da temática, conforme aponta Bacich e Moran (2018).

Diante deste contexto, Carvalho (2018) advoga que o papel do professor deve se de mediador, devendo observar de modo muito cuidadoso as iniciativas dos estudantes durante o processo de investigação e complementa “A construção do saber no ambiente escolar se faz a partir do desenvolvimento efetivo do educando diante dos desafios a ele apresentado pelo professor.” (Carvalho, 2018, p. 63).

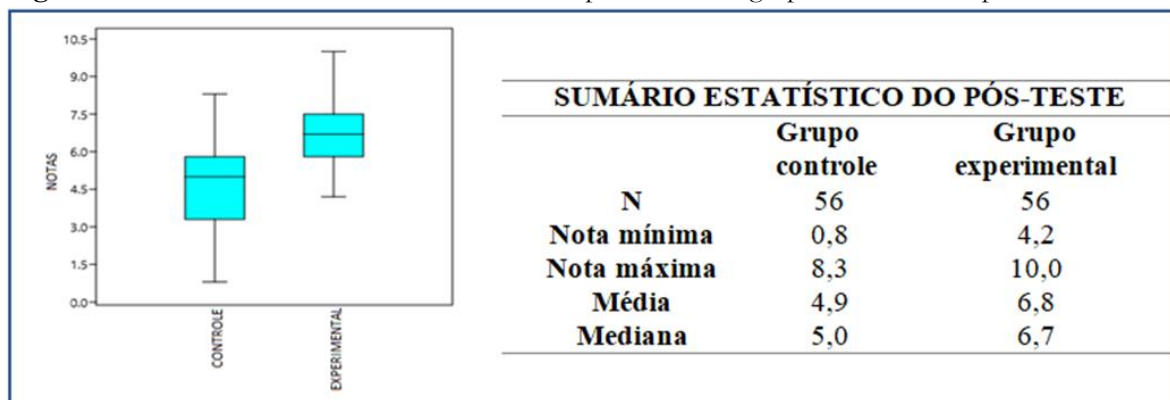
No segundo momento do plano de ação, após a exposição do conteúdo, aplicando questionário com situações problematizadoras, os estudantes receberam o segundo modelo didático. Enquanto os estudantes que compuseram o grupo controle continuaram a aula fazendo atividades do livro didático, os estudantes do grupo experimental receberam um modelo didático em material MDF com algumas peças que precisaram ser alocadas no tabuleiro, de modo que atendessem a sequência correta de eventos que ocorrem durante a replicação do DNA em procariotos e eucariotos.

Finalizada esta etapa, os estudantes tiveram que defender a hipótese da sequência de eventos atribuídos por sua equipe baseados em um conhecimento adquirido anteriormente. Portanto, abriu-se uma discussão para analisar as justificativas, confrontando cada uma das sequências apresentadas, favorecendo um ambiente de reflexão da prática e tratando o erro como uma estratégia didática, uma possibilidade de aprendizagem, pois como aponta Carvalho, (1997, p 54) “Não existimos para decretar fracassos, mas promover aprendizagens”.

Por fim, no terceiro e último momento do plano de ação o professor fez uma discussão a respeito dos processos envolvidos na produção da proteína como a transcrição e a tradução do código genético universal, credenciais que determinam o Dogma Central da Biologia Molecular. Em seguida, foi entregue a cada equipe um modelo didático que trata da síntese proteica em procariotos, eucariotos e o esquema do dogma central da Biologia Molecular.

Para que as peças fossem devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de síntese proteica em procariotos, eucariotos e as suas relações com dogma central da biologia, cada numeral presente nos espaços no tabuleiro apresentavam correspondência com os numerais indicados. À medida que um dos estudantes lia cada um dos textos-chaves, os demais componentes da equipe analisavam a possibilidade do termo se encaixar no local apropriado. Em seguida, o professor solicitou que cada equipe defendesse suas hipóteses, levantando discussão acerca das respostas atribuídas.

Após a aplicação do plano de ação desta pesquisa, na avaliação pós-teste, também estabelecendo uma análise observacional, nos dois grupos (controle e experimental), observou-se uma variação nos resultados dos questionários aplicados, sendo possível inferir que o grupo experimental se sobressaiu com resultados que justificam o escopo da pesquisa, quando comparado aos resultados do grupo controle. A análise dos dados pode ser melhor compreendida a partir dos valores de cada grupo, conforme a Figura 5.

Figura 5. Análise observacional dos resultados do pós-teste, nos grupos controle e experimental.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019. À esquerda, gráficos *Box plot* representando os resultados da dispersão dos dados do pós-teste em relação aos grupos controle e experimental. À direita, o sumário estatístico do mesmo questionário, numa análise observacional de ambos os grupos.

Observamos que a nota mínima variou nos dois grupos controle e experimental, sendo 0,8 e 4,2, respectivamente, as notas máximas seguiram a mesma tendência sendo 8,3 e 10,0. A partir desses dados pudemos comparar suas médias aritméticas sendo 4,9 para o grupo controle e 6,8 para o grupo experimental. Quanto à mediana das notas, esta permanece com a mesma inclinação próxima da média, sendo 5,0 e 6,7, respectivamente.

Foi possível observar que os resultados confirmam o melhor desempenho do grupo experimental em relação ao grupo controle. Pois ao aplicar o mesmo teste, observou-se que os resultados apresentados nos dois grupos apresentaram diferenças significativas. Neste contexto, é possível admitir que em práticas educativas voltadas para o lúdico, a satisfação dos estudantes reflete diretamente os resultados de sua proficiência.

Na tentativa de quantificar e qualificar esses resultados, foi proposto, ao fim da avaliação pós-teste, um questionário semiestruturado de autoavaliação contendo nove questões. O conteúdo desta pesquisa permitiu diagnosticar como os estudantes se auto avaliam não apenas em relação à metodologia empregada, mas também em relação à atuação do professor e o seu próprio desempenho.

Considerando apenas os alunos que classificaram a metodologia como “muito boa”, no grupo controle, 23% dos estudantes apontaram esta alternativa, mesmo diante uma abordagem tradicional, enquanto que, no grupo experimental, presumivelmente a grande maioria (77%) aprovou a metodologia com uso de modelos didáticos.

Quando solicitados sobre a estratégia metodológica poderia ser utilizada no grupo controle, apesar da maioria dos estudantes ter avaliado positivamente, como o Estudante 1 que recomenda: “*nenhuma, porque a aula de genética molecular foi a melhor que eu vivenciei...*” Muitos estudantes indicaram como sugestão a realização de aulas práticas como um fator importante para a aprendizagem, conforme relatos a seguir:

- “*fazer trabalhos didáticos e práticos com os alunos*” (Estudante 2)

- “*creio que o ensino com Datashow melhora o aprendizado, sem falar que a atenção dos alunos na sala de aula melhora.*” (Estudante 3)

- “*Utilizar materiais que envolvem os alunos e que prendam a atenção deles para que possam manter os mesmos interessados pode ser de grande ajuda.*” (Estudante 4)

- “*usar mais materiais didáticos e ir mais para o laboratório escolar e mais recursos.*” (Estudante 5)

Para os estudantes do grupo experimental, as aulas de Genética Molecular refletiram impactos bem mais positivos quando comparados aos estudantes do outro grupo, pois os mesmos se mostraram motivados e participativos no decorrer de todas as aulas ao se reconhecerem como agentes ativos no processo de ensino-aprendizagem, ocorrendo pouca ou nenhuma ausência no transcorrer da pesquisa. Os relatos a seguir corroboram tal afirmação e recomendam:

- “[...]a aula foi satisfatória e de grande aprendizado, ajudou muito sobre o conhecimento de genética molecular” (Estudante 6)
- “Utilização constante de modelos didáticos com trabalhos em equipe.” (Estudante 7)
- “Simplesmente não tenho palavras para “descrever” o quanto foi gratificante participar desse trabalho em grupo, pois pude compartilhar momentos de aprendizado.” (Estudante 8). (Destaque nosso)

O questionário de autoavaliação foi importante, pois a partir de um prognóstico percebido durante as práticas realizadas na aplicação da pesquisa, em especial do grupo experimental, foi possível perceber o envolvimento dos estudantes nas atividades subsidiadas pela utilização dos modelos didáticos no grupo experimental, tornando factível a aprendizagem. E, este resgate, permitiu a reflexão dos conhecimentos adquiridos, como assinala Mitre *et al.* (2008, p. 2138):

Na autoavaliação, pode-se rever a metodologia utilizada na prática pedagógica, enquanto o discente irá refletir sobre si mesmo e a construção do conhecimento realizado. O momento do diálogo servirá para reflexão sobre a relação e a interação entre docente e discente, no ato comum de conhecer e reconhecer o objeto de estudo, agora não mais numa relação verticalizada e estática, mas numa construção dialógica.

A execução desta pesquisa contribuiu para um envolvimento significativo dos estudantes com esta temática, desenvolvendo suas habilidades e potencialidades, agregados a um processo multi e interdisciplinar. Nesse contexto, os estudantes do Ensino Médio puderam amadurecer ao que se denomina de alfabetização científica.

Importante destacar que os modelos didáticos foram instrumentos utilizados para motivar e ao mesmo tempo produzir questionamentos e discussões estruturadas levando a um amadurecimento de ideias e contribuindo para um “Convite ao raciocínio” como aponta Krasilchik (2016). Sendo mais uma abordagem metodológica que permite a quebra de paradigma no contexto de sala de aula no processo de ensinar e aprender.

Além de contribuir para o desenvolvimento de aprendizagens significativas, potencializando o ensino de genética molecular, esse trabalho permitiu a criação de um acervo de modelos didáticos no laboratório de Biologia, possibilitando que outros participantes se envolvam no uso dessas ferramentas. Ressaltamos ainda que o projeto em tela foi percebido também pela sua capacidade de inspirar novas abordagens metodológicas.

Considerações finais

Com a utilização dos modelos didáticos vinculados ao conteúdo de Genética Molecular, a maioria dos estudantes foi capaz de: identificar com propriedade os vários componentes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) transformando os detalhes intrínsecos das moléculas em conhecimentos; perceber que no processo de replicação do DNA, cada fita serve de molde na formação de uma nova molécula, excluindo a hipótese de uma replicação conservativa e dispersiva; compreender as etapas da transcrição e tradução do código genético e sua importância para a produção de proteínas responsáveis, dentre outras funções, pela produção dos fenótipos dos indivíduos.

Ao vivenciar metodologias ativas de aprendizagem, os estudantes apresentaram maior interesse diante de um tema tão abstrato e puderam construir seus próprios conhecimentos mediante intervenções adequadas realizadas pelo professor mediador. Além de contribuir para o desenvolvimento de aprendizagens efetivas, potencializando o ensino de Genética Molecular, esta pesquisa permitiu a criação de um acervo de modelos didáticos no Laboratório de Biologia da escola onde a pesquisa foi realizada, possibilitando que outros sujeitos se envolvam no uso destas ferramentas. Sendo mister ressaltar que o projeto em tela foi percebido também pela sua capacidade de inspirar novas abordagens metodológicas.

Vale salientar que o uso de modelos didáticos vem complementar as aulas que corriqueiramente são vistas como tradicionais, possibilitando uma mudança de postura dos estudantes e professor, e a partir da interação realizada intencionalmente com o uso dos modelos didáticos, o professor amplia o leque de possibilidades de ensinar e aprender. Deste modo, quando o professor se interessa e desenvolve atividades diversificadas é possível promover aprendizagens significativas e efetivas de modo que o estudante seja capaz de discutir os conteúdos abordados.

Ao utilizar situações problematizadoras e capazes de colocar em conflito os conhecimentos prévios dos estudantes com os conhecimentos científicos abordados, observou-se uma inquietação e curiosidade, características essenciais para se fazer ciência. Tal inquietação provocou neles o desejo em validar as explicações que eles próprios atribuíram aos fenômenos apresentados e que eram frutos do senso comum, ou seja, provenientes das suas experiências de mundo. Ao envolver situações contextualizadas, aproximando os estudantes dos conteúdos abordados, foi possível observar um maior envolvimento destes, quando comparados com o grupo que não vivenciou esta prática (grupo controle). Desse modo, é necessário que esta prática seja comum não só nas aulas de Genética Molecular, mas em todas as áreas da Biologia e demais componentes curriculares.

Ao final desta pesquisa, diante de uma análise qualitativa e quantitativa, os estudantes que utilizaram os modelos didáticos, apresentaram resultados mais efetivos diante dos objetivos propostos sendo, portanto, recomendável a aplicação desta proposta por outros profissionais da área.

Agradecimentos

Agradecemos ao Mestrado Profissional de Ensino de Biologia em Rede Nacional PROFBIO/UFAL e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Referências

- Bacich, L., & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2018). *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC.

Brasil (2012) Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde. Diário Oficial da União 2012; 12 dez.

Brasil (2016) Resolução 510, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde. Diário Oficial da União 2016; 07 abr.

Carvalho, A. (org.), Abib, M., Briccia, V., Capecechi, M., Oliveira, C., Sasserone, L., Scarpa, D., Sedano, L., & Silva, M. (2018). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo Cengage Learning.

Carvalho, J. S. F. (1997). *As noções de erro e fracasso no contexto escolar: algumas considerações preliminares*. In: Aquino, J. G. (Org.). *Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo, SP: Summus.

Cavalcanti, C.A.G. (2019). *Construção e utilização de modelos didáticos no ensino de genética molecular na perspectiva interacionista*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

Dantas, A. (2012). *Regulação e expressão gênica bacteriana*. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/regulao-e-expresso-gnica-bacteriana>. Acesso em: 10 abr 2019.

Emiliano, M. S., & Abdala, M. J. L. (2016). *O Uso do Material Manipulável Geoplano como Recurso Didático em uma Abordagem Algébrica*. VI Semana de Estudos, Teorias e Práticas Educativas.

Feijo, N & Delizoicov, Nadir C. (2016). *Professores da Educação Básica – Conhecimento prévio e problematização*. Revista retratos da Escola, Brasília, v. 10, n. 19, p. 597-610. DOI: <https://doi.org/10.22420/rde.v10i19.643>

Fino, C. N. (2001). *Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas*. Revista Portuguesa de Educação, vol. 14, n. 2, p. 1-20.

Freire, P. (1996) *Pedagogia do Oprimido*. São Paulo: Paz e Terra.

Gerhard, T. E.; Silveira, D. T. (2009). *Métodos de Pesquisa*. Rio Grande do Sul: Ed. da UFRGS.

Griffiths, A.J.F., Wessler, S.R.; Carrol, S.B., Doebley, J. (2013). *Introdução à Genética*. 10 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Justina, L.A.D. & Ferla M.R. (2006). *A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto*. Arq Mudi.

Krasilchik, M. (1987). *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU.

Krasilchik, M. (2016). *Práticas do ensino de biologia*. São Paulo: EDUSP.

Lüdke, Menga e André, Marli E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Mitre, S., Batista R.S., Mendonça, J.M.G., Pinto, N. M. M., Meirelles, C. A. B., Porto, C. P., Moreira, Tânia, & Hoffmann, L. M. A (2008). *Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais*. Ciência & Saúde Coletiva, 13(Sup 2), Pp. 2133-2144. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000900018>

Ogo, M. Y., Godoy, L. P (2016). *Contato Biologia* – manual do professor. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Quinteto.

Wikipédia (2020) Medium Density Fiberboard. In: A enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Recuperado em 02 agosto 2020. https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Medium_Density_Fiberboard&oldid=57757005

Sobre os Autores


CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0277-3229>

Licenciado em Ciências com Habilitação em Biologia (FAMASUL/PE) Pós-graduação, lato sensu, em Ciências Biológicas, Mestrado em Ensino de Biologia (PROFBIO/UFAL) e Prof. de Biologia pela SEDUC/AL e PE.

clebgama@gmail.com

MELISSA FONTES LANDELL

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6848-0803>

Bióloga pela Universidade Luterana do Brasil, Mestrado e Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGMAA/UFRGS). Pós-Doutorado no Centro de Biotecnologia (Cbiot/UFRGS).

melissa.landell@gmail.com

Enviado em: 15 ago. 2020.

Aprovado em: 14 fev. 2021.