REB in the School

Ferramentas de bioinformática aplicadas ao ensino da biotecnologia

Bioinformatics tools for teaching biotechnology

Yandra Alzira Pereira do Nascimento^{1*}, Luís Flávio Mendes Saraiva²

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza – CE, Brasil.

² Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza – CE, Brasil

*yandraa1902@gmail.com

Resumo

O ensino de biotecnologia é complexo e dependente de conhecimentos bioquímicos, pois o conteúdo necessita ser adequadamente ajustado para sua execução semestral. Diante da problemática, o presente artigo apresenta uma forma diferenciada de abordar a disciplina de biotecnologia com base na elaboração de aulas práticas, mediante o uso de ferramentas de bioinformática. Um total de 45 alunos colaboradores de um curso de Ciências Biológicas, foram divididos em dois grupos para análise. Os resultados obtidos a partir da aplicação de questionários avaliativos demonstraram ser positivos e relevantes. Diante disso, concluiu-se que a utilização de novas metodologias no ensino atrai a atenção do aluno, estimulam a curiosidade e fazem com que os mesmos deixem de ver a sala de aula como o único lugar de aprendizagem.

Palavras-chave: *Biotechnology; Ensino; Bioinformática.*

Abstract

The teaching of biotechnology is complex and dependent on biochemical, because knowledge the content needs to be properly adjusted for its bi-annual execution. In the face of the problem, this article presents a different way of approaching the discipline of biotechnology based on the elaboration of practical classes, through the use of bioinformatics tools. A total of 45 collaborating students from a Biological Sciences course were divided into two groups for analysis. The results obtained from the application of evaluation questionnaires were positive and relevant. In view of this, it was concluded that the use of new methodologies in teaching attracts the student's attention, stimulates curiosity and causes them to no longer see the classroom as the only place to learn.

Keywords: Biotechnology; Teaching; Bioinformatics.

Registro de atividades desenvolvidas

Título	Ferramentas de bioinformática aplicadas ao ensino da disciplina de biotecnologia.
Público-alvo	Alunos de cursos de graduação com disciplina de biotecnologia em sua grade
Disciplina relaciona	Bioquímica, bioinformática, biologia molecular, genética
Objetivos educacionais	Dinamizar o ensino de Biotecnologia nas Universidades; Favorecer a compreensão das estruturas de biomoléculas; Mitigar o medo no aprendizado; Capacitar a reprodutibilidade das ações fora de sala de aula e Induzir a autocorreção com a comparação de ações erradas e certas em determinados comandos.
Justificativa de uso	Trata-se de uma metodologia adjuvante de ensino que tem como finalidade a mudança, a longo prazo, de paradigma do ensino-aprendizagem
Conteúdos trabalhados	Conceito de Biotecnologia, gene e polimorfismos
Materiais	Plataformas, softwares e bancos de dados online

1 Introdução

Por definição, biotecnologia inclui qualquer técnica que utilize organismos vivos (ou partes de organismos), com os objetivos de produzir ou modificar produtos; aperfeiçoar plantas ou animais e descobrir microrganismos para usos específicos [1]. Expandindo esse conceito temos que o termo biotecnologia refere-se a um conjunto de tecnologias habilitadoras que possibilitam utilizar, alterar e otimizar organismos vivos ou suas partes, células, organelas e moléculas, para gerar produtos, processos e serviços com aplicações econômicas em saúde humana e animal, agricultura e meio ambiente [2].

Apesar de o termo biotecnologia ser usado mais frequentemente nas últimas décadas, seu contexto remota a atividades de manipulação de organismos vivos que acompanharam o ser humano em seu processo evolutivo. Etimologicamente, refere-se ao desenvolvimento de ações que podiam ser repetidas com certa facilidade, não necessariamente em ambientes de pesquisa, mas também no dia a dia doméstico. O termo propriamente só foi empregado pela primeira vez em 1919 pelo engenheiro húngaro Karl Ereky [3] em um livro publicado em Berlim chamado *“Biotechnologie der Fleisch-, Fett-und im Milcherzeugung landwirtschaftlichen Grossbetriebe”* (Biotecnologia da produção de carne, gordura e leite em uma fazenda de grande escala na cidade), onde ele descreve uma tecnologia baseada na conversão de matérias-primas em um produto mais útil [4].

Apesar do termo em seu cerne estar relacionado a algo novo e moderno, a biotecnologia evoluiu respeitando os conceitos bioquímicos básicos [3]. A produção de bebidas alcoólicas pela fermentação de grãos de cereais já era conhecida pelos sumérios e babilônios antes do ano 6.000 a.C. Posteriormente, no Egito antigo (4000-2000 a.C) a fermentação era utilizada para fabricação de pães e cerveja [5].

A revolução propiciada por descobertas científicas, sobretudo, bioquímicas, fomentou o surgimento de uma área de pesquisa com estreita dependência de conceitos clássicos, somados ao advento de novas tecnologias que se utilizaram do embasamento técnico. A associação de descobertas bioquímicas e sua utilização manipulada fortaleceu o desenvolvimento biotecnológico. De maneira simplificada, centenas de achados científicos puderam ser adequadamente manipulados, como os trabalhos de Mayer, em 1892, que descreveu pela primeira vez a doença do mosaico do tabaco, Buchner demonstrando, em 1917, ser possível a conversão de açúcar em álcool com leveduras maceradas, Griffith, em 1928, descobrindo a transformação em bactérias e a produção de antibiótico com a descoberta da penicilina por Alexander Fleming, são exemplos de trabalhos clássicos que posteriormente foram manipulados adequadamente [5].

Assim, outras pesquisas históricas no âmbito científico, não necessariamente bioquímicas, auxiliaram e impulsionaram o futuro surgimento da biotecnologia moderna. Aliás, a biotecnologia é totalmente dependente das mais diferentes áreas de estudo de biomoléculas, sendo crucial a interlocução destas para que haja um contexto biotecnológico formado. Um bom exemplo disso refere-se aos trabalhos de Watson e Crick em 1953, que propuseram o modelo da estrutura do DNA [6], sendo extensamente referenciado em projetos biotecnológicos atuais. As aplicações atuais envolvendo o conceito proposto foi fundamental para processos biotecnológicos de manipulação genética de organismos vivos.

A gama de conhecimento e técnicas associadas à biotecnologia faz com que ela seja uma disciplina que necessita de uma abordagem inovadora no contexto de sala de aula, pois seu estudo se debruça não só no conhecimento dos chamados produtos da ciência, leis, teorias, mas também no conhecimento dos processos da ciência, seus métodos e estruturas de desenvolvimento [7].

Sendo assim, será que os alunos entendem o que é a biotecnologia e qual a importância dela para o desenvolvimento social e econômico?

Com base nisso, constata-se que o ensino de biotecnologia é algo que precisa ser discutido amplamente e de forma inclusiva, pois é necessária uma mudança de paradigma para que haja uma mudança na efetividade do método de ensino [8].

O abstratismo gerado pelo somatório de informações necessários a compreensão de assuntos de cunho biotecnológico submete o aluno a situações de dependentes de celeridade e dinamismo, nem sempre bem desenvolvidas no decurso acadêmico. Essa carência pode promover uma dificuldade em desenvolver uma aprendizagem significativa quando trata-se de temas relacionados à bioquímica, biofísica e biologia molecular [9].

Esse fato é bem entendido quando há um maior grau de aprofundamento e complexidade dos conceitos mais avançados [9], tal pela presença de estruturas nanométricas que não podem ser visualizadas a olho nu como, por exemplo, DNA, proteínas e genes envolvendo seu metabolismo, situação dependente de noções básicas dos conceitos tridimensionais. Galagovsky [10] corrobora com essa asserção quando reafirma que aprender conceitos científicos envolve a capacidade do educando em conectar e coordenar diferentes modos representacionais, como formas gráficas, verbais, matemáticas, cinestésicas, experimentais ou diagramáticas. Baseando-se nessa conjuntura, torna-se impreterível o desenvolvimento de novas metodologias de ensino para aperfeiçoar o processo de ensino aprendizagem [11].

Nesse cenário, ressaem os recursos computacionais que, por sua vez, vêm auxiliando no ensino e sendo utilizados, principalmente, com o objetivo de aprimorar o processo de aprendizagem buscando, em muitos aspectos, retratar conceitos teóricos de uma forma interativa, visto que o uso de multimodos de representação contribui com a visualização de estruturas mais complexas, permitindo o aprofundamento dos conteúdos. Eles estão repetidamente associados à apropriação conceitual, ou seja, à habilidade de representar o mesmo conceito de várias formas ou linguagens diferentes “sejam elas descritivas, experimentais, matemáticas, figurativas, gestuais ou corporais.” [12,13]

As ferramentas de bioinformática são os recursos disponíveis que abrangem o conceito de multimodos de representação fazendo delas artifícios imprescindíveis para o estabelecimento de uma nova perspectiva no ensino de conceitos bioquímicos aplicados a biotecnologia dentro da universidade. E é nesse contexto que se insere o conceito de aprendizagem significativa, desenvolvido por David Ausubel e colaboradores em 1978 [14]. De acordo com esse autor, a aprendizagem significativa é controlada, principalmente, pelo aluno, que fica responsável por conectar o conhecimento prévio dele com novas informações trazidas pelo professor. Na teoria da aprendizagem significativa o que é sugerido é a participação ativa do sujeito [15].

Deste modo, a aprendizagem é entendida como um processo de construção de significados para os novos conceitos. Em contrapartida, o aluno precisa ter alguma motivação para conectar conceitos e iniciar o processo de aprendizagem [16].

De acordo com Moreira [17], um material didático dinâmico é uma das duas principais condições para aprendizagem significativa. Outra condição é a disposição que o aluno manifesta para aprender. Nessa perspectiva, Cid e Neto [18] apontam que o conhecimento das principais dificuldades e condicionantes de aprendizagem manifestadas pelos discentes fornece ao professor elementos importantes para que ele seja capaz de transformar a forma de abordagem dos conteúdos programados, tendo em vista que diferentes representações podem capacitar o aprendiz a identificar um conceito subjacente ou abstração por meio de diferentes modos representacionais ou dentro do mesmo modo. [19]

A partir das concepções de Ausubel na Teoria da Aprendizagem Significativa, uma metodologia diferenciada para o ensino de conteúdos para a disciplina de biotecnologia é proposta, mas concomitantemente analisa a efetividade na aplicação da mesma e correlaciona com sua inexistência durante os períodos (semestre letivo) anteriores.

2 Modelo

2.1 Caracterização

A presente pesquisa pode ser classificada como pesquisa descritiva, pois busca as características de uma determinada população ou fenômeno utilizando técnicas de coleta de dados com aplicação de questionários.

O alvo desta pesquisa, a disciplina de Biotecnologia, possui uma carga horária de 68 horas-aula, é oferecida durante o sétimo semestre do curso de graduação em Ciências Biológicas de uma Universidade pública, apresenta como pré-requisitos as disciplinas de genética e microbiologia. A metodologia abordada é de aula expositivo-dialogada, estudo dirigido, seminários, grupos de discussão e/ou oficinas de trabalho teórico-práticas, com a utilização de recursos estratégicos como projeção de slides, transparências, pincel e quadro branco. E as formas de avaliação do desempenho do aluno são através de avaliações escritas (através de provas) e seminários

Um total de 45 estudantes participaram do estudo, cursando ciências biológicas no penúltimo semestre, divididos em dois grupos:

Grupo A: composto de 25 alunos que já haviam cursado a disciplina em outro período com aprovação na mesma;

Grupo B: composto de 20 alunos regularmente matriculados na disciplina e que estavam cursando entre 6º e 7º semestres do curso.

2.2 Procedimentos

No decorrer das aulas, o professor da disciplina começou a introduzir o conceito de bancos de dados usados para análises de material biológico e a sua importância para a ciência atual. Diferentes bancos de dados conhecidos foram utilizados, como o *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>, a *Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes* (KEGG) <https://www.genome.jp/kegg/>, o *Universal Protein Resource* (UniProt) <https://www.uniprot.org/>, a *Plataforma Phytozome* de genomas de plantas, <https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>, entre os inúmeros existentes.

Após a apresentação dos recursos disponíveis *online* para serem trabalhados em sala de aula, foi projetada uma aula prática para que os alunos pudessem desenvolver duas habilidades: realizar uma análise comparativa de sequências de ácidos nucleicos no tocante as mudanças que elas sofrem desde a identificação da sequência do gene até sofrerem reconhecimento e obedecerem o código genético na síntese da proteína; através

da análise das estruturas, possibilitar a superposição de regiões do gene que são excluídos após transcrição e tradução.

A prática consistiu em comparação de sequências gênicas para a identificação de polimorfismos, e para isso:

1. Cada aluno escolheu uma proteína que o mesmo estudou na disciplina de bioquímica, em uma rota metabólica de interesse pessoal e uma espécie vegetal que possa ter conexão com alguma atividade de pesquisa que o aluno executou durante os estudos de graduação,
2. Acessaram o NCBI para coletar a sequência proteica escolhida,
3. Submeteram essa sequência na Plataforma *Phytozome*, escolhendo 10 dentre as 74 espécies de viridiplantae disponíveis,
4. Coletaram as sequências proteicas encontradas das 10 espécies,
5. Dispuseram as sequências em arquivo de texto (.docx) para melhor explorá-las;
6. Posteriormente submeteram esses dados obtidos a ferramentas de alinhamento, como o *Clustaw*,
7. Transcreveram o resultado e o inseriram em outro arquivo de texto (.docx),
8. Foi realizada uma análise em busca de variações e polimorfismos,
9. Por fim foi iniciada uma discussão, mediada pelo professor da disciplina, a partir do que foi observado.

Na aula seguinte à prática, foi aplicado um levantamento por meio de questionários para avaliar o aproveitamento e a importância da aula (Grupo B) e qual impacto na formação desses alunos. E em outro momento, um segundo questionário foi aplicado com os alunos integrantes do Grupo A, que não tiveram contato com a nova metodologia abordada. Para as análises, foram usados histogramas ($n \geq 40$) elaborados no programa Origin-Lab versão 9.5. Para analisar as perguntas discursivas, foram elaboradas estruturas de ocorrência em forma de “nuvens” de palavras elaboradas por frequência no site <https://wordtut.com/word-cloud/create>.

3 Resultados e discussão

3.1 Pergunta 1: O que é Biotecnologia?

Quando questionados sobre a definição do termo biotecnologia, os alunos do grupo apresentaram uma grande variedade de conceitos (Figura 1), com base nas definições ci-

tadas previamente. O aluno pode focar tanto em aprender processos mais difíceis para as avaliações, que ficam fragilizados na parte conceitual básica. Ao conseguir conectar as variações sofridas pela sequência gênica o aluno pode elaborar mentalmente um passo a passo das reações de transcrição e tradução. Isso ficou evidente quando o Grupo B mostrou um maior domínio do conceito. Isso é aclarado por Giordan e Vecchi [20] quando afirmam que conhecer não é apenas reter temporariamente uma multidão de noções anedóticas ou enciclopédicas para “regurgitá-las” (...). Saber significa, primeiro, ser capaz de utilizar o que se aprendeu, mobilizá-lo para resolver um problema ou aclarar uma situação. [20]

Figura 1. Comparativo entre as respostas em relação ao conceito de Biotecnologia. Grupo A – alunos que não tiveram contato com a nova abordagem da disciplina; Grupo B – alunos que utilizaram da nova metodologia utilizada na disciplina.

3.2 Pergunta 2: Quão proveitosa foi a disciplina durante o semestre letivo?

Das respostas obtidas com os integrantes do Grupo A, 44% delas foram negativas, pois a maioria relatou que sentia a necessidade de aplicação prática de toda informação obtida durante o semestre. Em contrapartida, 75% dos alunos pertencentes ao Grupo B deram respostas positivas para essa questão (Figura 2).

Como expôs Araújo [16], é necessário haver um alto grau de motivação para que o aprendiz faça uma escolha consciente e relacione o novo conhecimento com o prévio e crie conexões entre as informações obtidas. Isso está diretamente relacionado à aprendi-

zagem significativa, onde o aluno busca o conhecimento por si só e não apenas quando está dentro de uma sala de aula.

A utilização de novas metodologias pode favorecer um estímulo cognitivo para os alunos com o consequente aumento do interesse relacionado aos temas abordados durante as aulas, motivando-os a buscarem novas informações e recursos em fontes e mídias variadas, acarretando uma nova forma de aprendizagem por meio da aquisição holística do conhecimento [21].

Figura 2. Comparativo do rendimento da disciplina, na percepção dos alunos, entre os semestres. Grupo A – alunos que não tiveram contato com a nova abordagem da disciplina; Grupo B – alunos que usufruíram da nova metodologia utilizada na disciplina.

3.3 Pergunta 3: Qual a importância e relevância da utilização de ferramentas de bioinformática para o ensino?

Os integrantes do Grupo A mostraram positivismo para o uso de ferramentas de bioinformática no ensino. Em contrapartida tivemos que no Grupo B 100% das respostas foram positivas (Figura 3).

À vista disso, pode-se inferir que a diferença de opinião é mínima, mas merece atenção, pois mesmo o breve contato com uma nova abordagem fez com que os alunos notassem a importância de práticas criativas e diferenciadas. Inovações ou atualizações metodológicas são fundamentais para o estabelecimento dessa nova perspectiva para o ensino do conteúdo programático contido na ementa da disciplina de biotecnologia dentro da universidade. Como reitera Moreira, os cursos de formação de professores precisam ser estruturados para possibilitar o conhecimento de estratégias tanto de ensino quanto de aprendizagem desde a formação inicial, contribuindo para que estes se tornem bons

pensadores, modificando qualitativamente a maneira como ensinam, adquirindo um constante aprimoramento de sua prática. [17, 22]

Figura 3. Comparativo entre a relevância da utilização de ferramentas de bioinformática na percepção dos estudantes. Grupo A – alunos que não tiveram contato com a nova abordagem da disciplina; Grupo B – alunos que usufruíram da nova metodologia utilizada na disciplina.

3.4 Pergunta 4: Quanto a utilização das ferramentas auxiliou no decorrer da disciplina?

Essa questão foi feita apenas para os integrantes do Grupo B, de forma discursiva, pois eles foram os únicos que tiveram contato com a nova abordagem. Mais da metade do grupo (87%) afirmou que a metodologia abordada nesse trabalho auxiliou no ensino e na forma que eles cursavam a disciplina (Figura 4). Analisando as respostas por frequência de palavras, temos que as mais citadas foram retratadas na Figura 5.

A maioria citou “aprendizado” e “didática” mostrando que essa atualização na metodologia de ensino pode mitigar dúvidas, pois forneceu suporte prático aos alunos durante o semestre. A visualização de tudo aquilo que antes era apenas imaginado, como genes e proteínas, cria um novo ponto de vista para o aluno no qual ele se desprende de modelos didáticos de ensino para a realidade. Tendo em vista isso, nota-se que a utilização da tecnologia tem como objetivo tornar a educação mais vantajosa, oferecendo dinamismo na exposição das informações já que seria uma metodologia adjuvante e segundo por auxiliar na compreensão de etapas bioquímicas complexas. Os recursos computacionais têm auxiliado no ensino e têm sido utilizados, principalmente, com o objetivo de aperfeiçoar o processo de aprendizagem buscando, em muitos aspectos, retratar conceitos teóricos de uma forma interativa [12, 23].

Figura 4. Número de alunos que foram ou não auxiliados pelas ferramentas no decorrer das aulas. Grupo B – alunos que usufruíram da nova metodologia utilizada na disciplina.

Figura 5. Nuvem de palavras, elaborada por frequência, para as justificativas obtidas nas respostas referentes à pergunta 4.

3.5 Pergunta 5: Quanto as ferramentas utilizadas auxiliaram na compreensão do conteúdo ministrado durante as aulas?

A maioria dos alunos (Grupo B) relatou que a nova metodologia utilizada auxiliou bastante na compreensão do conteúdo, tendo em vista a natureza abstrata dos conceitos. As alterações sofridas nas sequências nucleotídicas quando acompanhadas pelos alunos após a seleção das ferramentas pode induzir a compreensão das alterações sofridas quando o gene é processado, possibilitando um paralelismo entre o conteúdo teórico e a análise processual que as ferramentas conduzem ao serem escolhidas.

O processo ensino aprendizagem cobra uma aplicação do conteúdo da ementa, sendo que em um ambiente digital há uma facilidade em corrigir um erro cometido, possibilitando de forma automática a reaplicação do conceito e sua posterior verificação sem o ônus imediato decorrente de uma avaliação. Cid e Neto [18] e Fernandes e Tavares [24] corroboram com esse raciocínio quando citam que nossa sociedade está em constante evolução tecnológica e, conseqüentemente, seus sujeitos. Sair de casa e renunciar a tecnologias pode, mas não necessariamente, deixar de receber uma informação de uma forma didática mais palpável.

O uso de diferentes metodologias que se complementam possibilita que alunos oriundos de diferentes escolas possam compreender de forma mais homogênea [23]. A aplicação de novas metodologias, sobretudo, reproduzíveis podem alimentar o interesse pelo conteúdo, como exemplo o metabolismo dos ácidos nucleicos, que sempre foi cercado de uma ideia de complexidade, podendo influenciar a diminuição do interesse. A elevação do interesse gera curiosidade e é na curiosidade que os alunos buscam aprender novos temas.

Figura 6. Percepção dos estudantes em relação à compreensão dos temas abordados durante as aulas.

3.6 Pergunta 6: Você acha que a utilização de tecnologia da informação é necessária para uma boa aula?

Segundo os dados obtidos, a maior parte dos alunos avaliados considera indispensável o uso de tecnologias em sala de aula e, ao defenderem suas perspectivas, citaram, com maior frequência, as palavras representadas na Figura 8.

Sendo indubitável que o acesso a informações está cada vez mais disponível para o mundo, por conta dos grandes avanços na tecnologia, torna-se laborioso preterir o ensi-

no tradicional a uma nova abordagem metodológica. Oliveira [25] cita que “uma vez que o mundo está em constante transformação, é necessário que haja uma sintonia entre instrumentos inovadores e o processo de ensino-aprendizagem.”

A aplicação de tais tecnologias favorece o ensino, mas não necessariamente o comandam. As possibilidades adjuvantes elencam instrumentos que gradualmente reforçam a necessidade no estudo de aplicações integradas, mas sem abdicar da abordagem epistemológica, fundamental ao fortalecimento cognitivo [24].

Mesmo com novos instrumentos de ensino os docentes não perderão seu valor ou função, pois apesar de muitas informações estarem disponíveis *online* e nas mídias em geral, é necessário a pessoa do professor para que o aluno consiga criar conexões entre tudo que ele tem acesso, transformando informação em ciência. Em suma, o professor evolui de “detentor do conhecimento” para “mediador do ensino-aprendizado”. Pozo [26] ratifica a mudança de incumbência do professor quando declara que “para desvendar o conhecimento, dialogar com ele e não simplesmente deixar-se invadir ou inundar por tal fluxo informativo, exigem-se maiores capacidades ou competências cognitivas dos alunos dessas novas fontes de informação.”

Figura 7. Comparativo sobre a importância de utilizar recursos tecnológicos no ensino na percepção dos estudantes. Grupo A – alunos que não tiveram contato com a nova abordagem da disciplina; Grupo B – alunos que usufruíram da nova metodologia utilizada na disciplina.

Figura 8. Nuvem de palavras, elaborada por frequência, para a justificativa referente a pergunta da figura 7

4 Conclusão

Levando-se em consideração os dados analisados e discutidos, obteve-se uma ratificação da proposta inicial de aprimorar o ensino de biotecnologia na universidade com a utilização de uma metodologia diferenciada, uma vez que foi possível observar a uma melhoria na compreensão dos conteúdos durante as aulas do Grupo B em relação ao Grupo A

Pode-se inferir que ao se observar uma boa receptividade dos alunos e a capacidade de reprodutibilidade de uso das ferramentas, o conteúdo programático foi aplicado adequadamente, ou seja, com maior amplitude, possibilitando que o aluno possa obter suas próprias respostas.

Os resultados obtidos com o Grupo B reforçam a hipótese que a utilização de novas metodologias adjuvantes pode fortalecer o processo ensino aprendizagem. Não necessariamente novas metodologias poderão auxiliar o ensino na disciplina de biotecnologia, mas o uso de ferramentas de bioinformática já desperta curiosidade, o que por si já ajuda a mitigar dificuldades inerentes a complexidade dos conteúdos.

Referências

- [1] RAMALHO, Y. M. M et al. Biotecnologia: cenário internacional e perspectivas para o Brasil. Rio de Janeiro: BNDES/DEEST/AP, 1990. 204 p.
- [2] JUDICE, V. M. M.; BAÊTA, A. M. C.. Modelo empresarial, gestão de inovação e investimentos de venture capital em empresas de biotecnologia no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea* 2005; 9(1): 171-191
- [3] ERRO, E.S. Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. **Dossiê Biotecnologia**, [s.l.], v. 24, n. 70, p.109-121, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142010000300008>
- [4].Karl E. **Biotecnología Vistazul**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/biotecnologiavistazul/home/karl-ereky>>. Acesso em: 24 fev. 2019.
- [5] VILLEN, R. A.. **Biotecnologia - Histórico e Tendências**. 2019. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2019
- [6] ARIAS, G.. Em 1953 foi descoberta a estrutura do DNA: Etapas de um grande avanço científico. Documentos online 2004; (44)10: 1-38. Acesso em: 22 nov. 2017. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do44.pdf
- [7] ANNUCHI, A. I. História e filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula. Dissertação de Mestrado. USP. 131p. 1996.
- [8] SILVEIRA, E. A.. Tecnologias e as mudanças de paradigma do ensino aprendizagem. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) - Curso de Especialização em Mídias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- [9] SANTOS, J. B. et al. **A utilização de recurso didático para o ensino da bioquímica**. 2014 Disponível em: <https://www3.ufpe.br/pibid/images/EXPOPIBID_2014/Biologia-CAV/A_UTILIZA%C3%87%C3%83O_DE_RECURSO_DID%C3%81TICO_PARA_O_ENSINO_DA_BIOQU%C3%8CMI-CA.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2019.
- [10] GALAGOVSKY, L. R. et al. Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos em la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona, n. 21, p. 107-121, 2003
- [11] PEIXOTO, A. G. O uso de metodologias ativas como ferramenta de potencialização da aprendizagem de diagramas de caso de uso. *Outras Palavras* 2016; (12)2: 35-50.
- [12] EICHLER, M.; DEL PINO, J.C. Computadores em Educação Química. *Química Nova* 2000; (23)6: 835-840.
- [13] KLEIN, T. A. S., LABURÚ, C. E. Multimodos De Representação E Teoria Da Aprendizagem Significativa: Possíveis Interconexões Conceitos: Implicações Para a Investigação Em Ensino De Ciências. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 02, p. 137-152, 30 jul. 2012.
- [14] AUSUBEL, S. P. et. al. Educational psychology: a cognitive view. 2.ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- [15] PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Rev. PEC* 2002;.(2)1:37-42.
- [16] ARAÚJO, M. F. F. Ações para uma aprendizagem significativa no ensino superior de Microbiologia. *Revista da Seenbio* 2010; (3)0: 76-88.
- [17] MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. 2.ed. Brasília: Editora da UnB, 2006.

- [18] CID, M.; NETO, A. J. dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. *Enseñanza de Las Ciencias* 2005; (4)3: 1-5, jan.
- [19] AINSWORTH, S. E. The functions of multiple representations. *Computers & Education*, n. 33, p. 131-152, 1999.)
- [20] GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- [21] MORAN, J. M. *et al.* *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 6.ed. Campinas: Papirus, 2000.
- [22] MOREIRA, A. E. C. *Relações entre as estratégias de ensino do professor, com as estratégias de aprendizagem e a motivação para aprender de alunos do ensino fundamental 1*. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- [23] STIPEK, D. J. *Motivation to learn: from theory to practice*. 3.ed. Englewood Cliffs, Needham Heights, 1998.
- [24] FERNANDES, I. R.; TAVARES, M. J. A tecnologia como instrumento motivacional no processo da aprendizagem em sala de aula. **ENLETRARTE**, n. 6, 2015.
- [25] OLIVEIRA, B. I. N. de. *Tecnologias aplicadas ao ensino de biologia: o uso dos tablets em escolas estaduais do município de Patos – PB*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, 2015.
- [26] POZO, J. I. *A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento*. Barretos, 2008. Disponível em: <[http://decampinasoeste.edunet.sp.gov.br/tics/MaterialdeApoio/Coletania/unidade1/A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecime.pdf](http://decampinasoeste.edunet.sp.gov.br/tics/MaterialdeApoio/Coletania/unidade1/A%20sociedade%20da%20aprendizagem%20e%20o%20desafio%20de%20converter%20informa%C3%A7%C3%A3o%20em%20conhecime.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2017.