Versão Online ISBN 978-85-8015-093-3
Cadernos PDE

VOLUME I

OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE

2016

Artigos

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
Secretaria da Educação

PRÁTICA E REFLEXÕES SOBRE A BIOTECNOLOGIA NO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO DO CERP – MORRETES /PR

PRADO[1], Isabel Cristina de Oliveira Melo do
FIGUEIREDO[2], Josiane Aparecida Gomes

Resumo: A abordagem de temas atuais pertinentes às práticas da biotecnologia e suas consequências tem importante desempenho no processo de emancipação e autonomia dos alunos. Contudo, fatores como o distanciamento entre os novos conceitos gerados pela biotecnologia e educação básica pela dificuldade em encontrar livros didáticos atualizados com novas terminologias geradas pelo avanço da biotecnologia tornam-se inibidores desse processo. Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados da análise pré e pós-diagnóstica do conhecimento dos diferentes temas/atividades abordados na área da biotecnologia com alunos do 3º ano do Ensino Médio Colégio Estadual Rocha Pombo – Morretes/PR, bem como as impressões dos alunos sobre as abordagens, e por fim as modificações geradas por meio das reflexões propostas, que de maneira sutil, sugere um processo de aprendizagem mais significativa sobre a biotecnologia.

Palavras-chave: Biotecnologia. Reflexão. Educação

1 Introdução

Todos os temas que abrangem a biotecnologia trazem consigo aspectos técnicos que correspondem à sua viabilidade econômica, valor social e relevância. A busca desses temas, o processo de análise e a compreensão dos resultados são o caminho para o educando desenvolver uma visão crítica acerca das práticas da biotecnologia, seus desdobramentos e sua aplicabilidade.

A proposição de uma abordagem mais significativa do estudo da biotecnologia para o ensino médio, através da análise de resultados de pesquisas descritas em artigos científicos faz-se necessário como método de aproximação entre o cotidiano do aluno da educação básica e o conhecimento científico vindo das mais diversas pesquisas científicas.

Torna-se importante refletir sobre as implicações da Biotecnologia na vida da humanidade, passando por questões que abrangem desde a saúde das espécies até sua interferência em fatores como segurança, produtividade animal e vegetal,

1. Professora de Ciências e Biologia da Rede Estadual de Ensino. Participante do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) lotada no Colégio Estadual Rocha Pombo – Morretes/PR.
2. Doutora em Genética pela UFPR. Professora Adjunta vinculado a IES – UNESPAR- *Campus* de Paranaguá – Curso de Ciências Biológicas.

reparo de danos e preservação ambiental. Outro objetivo é relacionar os resultados da biotecnologia aos comportamentos e práticas bioéticas, confrontando sempre o que é necessário, o que é ético e o que é nocivo à vida em todos os seus aspectos e formas.

Há hoje uma tendência em justificar as práticas na ciência pelos seus resultados em favor da humanidade. Chega-se assim ao velho pensamento segundo o qual os fins justificam os meios. Contudo, os meios a serem considerados são práticas de um organismo diferenciado evolutivamente por ser racional e dotado de total capacidade de modificar o meio em que vive e, sobretudo, a capacidade de prever e mensurar as consequências de seus atos.

Desse modo, propor ao educando uma discussão e reflexão acerca desses temas de práticas tão inacessíveis no ensino básico e de consequências tão diretas em nossas vidas é sem dúvida fomentar o Ensino de Biologia.

Inicialmente, para desenvolver as discussões e simular os eventos, foram escolhidos sete temas: Melhoramento Animal e Vegetal; Organismos Geneticamente Modificados; Biorremediação; Produção de Vacinas; Biotecnologia Forense e Extração de DNA.

Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados da análise pré e pós-diagnóstica do conhecimento dos diferentes temas/atividades abordados na área da biotecnologia com alunos do 3º ano do Ensino Médio Colégio Estadual Rocha Pombo – Morretes/PR, bem como as impressões dos alunos sobre as abordagens, e por fim as modificações geradas por meio das reflexões propostas, que de maneira sutil, sugere um processo de aprendizagem mais significativa sobre a biotecnologia.

1.1 A Biotecnologia e suas implicações

A importância da Biotecnologia e suas práticas, bem como seus efeitos a curto, médio e longo prazo são ressaltadas pelas inúmeras discussões que permeiam o tema junto à comunidade científica. De modo geral a sociedade debate o assunto com base em informações da mídia, mas de maneira pouco aprofundada e sem a reflexão necessária e imprescindível ao assunto.

Lopes e Andrade (2011), referem-se a um novo gênero de banco de dados - o biotecnológico - para servir de recurso primário bruto à emergente economia biotecnológica. De acordo com os autores a biodiversidade passa a ser um recurso básico da economia para a era bioindustrial.

As discussões acerca das práticas da biotecnologia passam a englobar a preocupação com a sustentabilidade ambiental, tendo em vista que as práticas ultrapassam as barreiras das espécies já que a manipulação ocorre no nível genético e não no nível da espécie (SCHENBERG, 2010).

A Agenda 21 (documento elaborado durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92, 2000, p.265) ao abordar tipos de ações a serem realizadas na prática para fins de atingir um desenvolvimento sustentável considerou a Biotecnologia como sendo um conjunto de técnicas que possibilitam a realização pelo homem de mudanças específicas no ácido desoxirribonucleico (DNA), ou material genético, em plantas, animais e sistemas microbianos, conducentes a produtos e tecnologias úteis.

O desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias nas mais diversas áreas, a difusão do conhecimento científico pela mídia e a ampliação dos movimentos sociais em defesa dos direitos individuais e coletivos contribuíram para ampliar o foco sobre a discussão sobre a ética aplicada à Biotecnologia. No entanto, julgar a utilidade dos produtos e tecnologias é tarefa complexa que compreende racionalidade dentro de preceitos éticos e jurídicos.

Conforme ressalta De Bonis e Ferreira da Costa (2009), a Biotecnologia, devido a sua natureza intervencionista, um exemplo da qual é a manipulação do patrimônio genético do ser humano, é geradora de produtos manipulados geneticamente que causam grande impacto na sociedade e, consequentemente produz preocupações de ordem ética. Desse modo, não há como destituir as práticas da biotecnologia da intencionalidade do uso. O propósito deve ser estabelecido dentro de preceitos éticos e de segurança.

O reconhecimento e o posicionamento frente às demandas científicas-tecnológicas tem como pré requisito a necessidade de se alfabetizar cientificamente a sociedade (DE BONIS e FERREIRA DA COSTA, 2009). Sendo assim, as práticas orientadas para a reflexão, discussão e ensino da Biotecnologia enquadram-se no processo de alfabetização cientifica.

Algumas áreas como saúde, meio ambiente e segurança apresentam grande dependência de processos resultantes do desenvolvimento da Biotecnologia. Na área da saúde, a disseminação das diferentes técnicas de manipulação genética, alterou de diferentes maneiras a pesquisa e desde o desenvolvimento de vacinas (DINIZ e FERREIRA, 2010) até a modificação dos genomas de embriões humanos (HAYDEN, 2016). O meio ambiente pode ter sua sustentabilidade viabilizada por processos de biorremediação que se utiliza de micro-organismos para remoção de contaminantes tóxicos do solo e da água, da diminuição de poluentes plásticos de origem petroquímica através da produção de biopolímeros por meio de microrganismos (SCHENBERG, 2010).

Talvez a medicina forense seja a que mais desperta a curiosidade e interesse tendo em vista que sua exploração ocorre muitas vezes em fatos polêmicos, acidentes ou que envolvam crimes. Por meio dela pode-se apontar parentesco, identificar cadáveres, inclusive auxiliar a justiça na identificação de criminosos através da análise de DNA (DOLINSKY e PEREIRA, 2007).

O desenvolvimento da Biotecnologia é irrefutável e cabe à sociedade avaliar e julgar suas práticas, e quando necessário, contestar seus resultados quando estes não atenderem as expectativas correspondente às necessidades da vida e do meio ambiente. Estes são apenas alguns aspectos desse fecundo terreno que é o campo da Biotecnologia e suas implicações.

Torna-se então necessário, o conhecimento dos diferentes aspectos que permeiam tais temas, possibilitando ao educando a tomada de decisões baseadas na análise crítica dos processos e não simplesmente no efeito imediato ou resultado superficial dos mesmos.

Segundo Travasso et al. (2011), com as inovações que a Biotecnologia vem proporcionando, são divulgados conceitos errôneos que podem levar uma parte da população a ter preconceitos e temer essa nova tecnologia sem um embasamento teórico adequado, o que leva à necessidade de que a sociedade tenha um conhecimento científico básico que lhes permita compreender as aplicações da Biotecnologia, de forma a serem capazes de tomar decisões fundamentadas e de terem atitudes críticas relativas a esta área do conhecimento.

2 Metodologia

Para o inicio das atividades foram elaborados doze roteiros (Quadro 1) que foram trabalhados ao longo de 39 aulas de 50 minutos. Os roteiros foram divididos em temas os quais apresentavam diversas atividades, entre elas: a) artigos científicos; b) protocolos de práticas experimentais; c) vídeos institucionais e d) reportagens jornalísticas. O material de estudo referente à cada tema foi disponibilizado antecipadamente para o aluno, pois o conhecimento e leitura prévia podem facilitar as discussões.

Quadro 1: Temas abordados para o estudo da Biotecnologia e suas implicações

Roteiros	TEMAS
1	Primeiros Passos: Diagnóstico Inicial
2	Extração caseira de DNA Morango
3	O que são Organismos Geneticamente Modificados?
4	Visão sobre os transgênicos.
5	Biotecnologia e Melhoramento das variedades de vegetais: cultivares e transgênicos.
6	Transgênicos e evolução dirigida.
7	Entenda como é produzida uma vacina.
8	Biofármacos: sua importância e as técnicas utilizadas na sua produção.
9	Identificação através da análise de DNA: identificação criminal e de paternidade.
10	Cabras transgênicas: Animais recebem genes humanos e produzem proteínas no leite para tratamento de doenças..
11	CRISPR - Uma ferramenta para editar o DNA
12	Introdução ao melhoramento de plantas.
13	Chegamos ao fim!

Como atividades inicial e final foi realizada a aplicação de um questionário pré e pós-diagnóstico (Quadro 2) para os 42 alunos participantes do 3º ano do Ensino Médio Colégio Estadual Rocha Pombo – Morretes/PR. No questionário haviam 15 afirmativas que contemplaram conceitos básicos sobre biotecnologia e genética. As questões foram aleatorizadas, entretanto correspondiam à 3 eixos norteadores: a) Conhecimentos sobre o DNA (em cinza); b) Conhecimento sobre a Biotecnologia (em verde) e c) Conhecimento de ferramentas utilizadas pela Biotecnologia (em azul).

De acordo com o tema do roteiro 2, *Extração caseira de DNA Morango*, foram realizadas atividades de extração e observação de DNA de morango no laboratório. A turma foi dividida em três grupos de dez alunos e um grupo de 12 alunos. Cada

grupo recebeu o protocolo de extração (disponível em http://pontobiologia.com.br/extraindo-dna-do-morango/), juntamente com os ingredientes que compõem a solução de extração. Após a extração do DNA foi realizada uma discussão sobre a função de cada um dos ingredientes utilizados nesta prática, bem como a escolha dos mesmos foi de extrema importância para a compreensão dos resultados obtidos. Outra proposta foi a representação esquemática da dupla hélice e seus componentes químicos, diferenciados por cor; além da pesquisa e listagem das características do DNA e do RNA.

Quadro 2: Questionário pré e pós diagnóstico sobre conceitos básicos de biotecnologia e genética

CONCEITOS / **OPINIÕES**	**Concordo**	**Concordo parcialmente**	**Não concordo**
Todos os organismos apresentam DNA.			
Os cromossomos são formados por DNA associados à proteínas.			
O DNA é formado por duas cadeias de nucleotídeos que ficam pareadas através das bases nitrogenadas.			
A estrutura química do DNA contém açúcar (desoxirribose), base nitrogenada e fosfato.			
Melhoramento genético sempre envolve engenharia genética.			
A composição química do DNA é diferente entre as espécies.			
A Biotecnologia e seus processos fazem parte apenas da história moderna do homem.			
A Biotecnologia pode ser a solução para problemas como produção e qualidade dos alimentos, prevenção, tratamento e cura de doenças, reparo de danos ambientais, como por exemplo, poluição.			
As técnicas e organismos utilizados em biotecnologia não têm mecanismos legais de controle. Somente os seus resultados é que são julgados como úteis ou não.			
Biofármacos são produtos obtidos por fontes ou processos biológicos a partir do emprego industrial de microrganismos ou células modificadas geneticamente.			
Exames de DNA com amostras de sangue são mais confiáveis do que os realizados com qualquer outro tecido biológico.			
Transgênicos são organismos portadores de genes de outra espécie.			
Todos os genes contêm o mesmo número de bases nitrogenadas. O que os diferencia são as combinações.			
A inserção de sequências de genes no DNA de um organismo, é um processo realizado exclusivamente pelo homem, através da engenharia genética.			
A seleção de sementes oriundas de plantas com boa produtividade é uma forma de melhoramento genético.			

Nota: As cores aparecem no quadro para visualização dos 3 eixos norteadores: a) Conhecimentos sobre o DNA (em cinza); b) Conhecimento sobre a Biotecnologia (em verde) e c) Conhecimento de ferramentas utilizadas pela Biotecnologia (em azul). Entretanto, o questionário que foi distribuído aos alunos não constava a separação de cores.

Para o tema do roteiro 3, *O que são Organismos Geneticamente Modificados*, as atividades começaram com a exibição de um vídeo (disponível em https://www.youtube.com/watch?v=aP30ms8-2k), que esclareceu de maneira simples e direta o conceito de OGMs, expôs a relevância das práticas e levantou questionamentos sobre as mesmas. Munidos desse subsídio teórico, os alunos foram desafiados a criar um organismo geneticamente modificado hipotético. Num cartaz ele deveria apontar qual organismo modificaria, o que seria modificado e qual a sua justificativa para essa modificação.

A *Visão sobre os transgênicos*, tema do roteiro 4, foi desenvolvido a partir de uma reportagem, de mesmo nome, (disponível em http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/09/23/visao-sobre-os-transgenicos/) que mostrava os resultados de uma pesquisa encomendada pelo CIB (Conselho de Informações sobre Biotecnologia). Entre os resultados informados, estava o percentual de brasileiros que sabem o que é um alimento transgênico (80%); e os percentuais de pessoas que acreditam que a ciência contribui para a cura de doenças (84%) e das pessoas que relacionam a ciência à produção de alimentos (23%). A discussão ocorreu em torno do conhecimento dos alunos sobre transgênicos, com o objetivo de que eles socializassem esse conhecimento com a turma; da definição de transgênico e geneticamente modificado; e dos possíveis motivos que levam mais pessoas a associar a ciência com saúde do que a ciência com a produção de alimentos.

O tema do roteiro 5, *Biotecnologia e Melhoramento das variedades de vegetais: cultivares e transgênicos,* foi trabalhado a partir da proposição do artigo científico para direcionar a discussão em torno do melhoramento genético (biotecnológico ou convencional) em plantas, -*Biotecnologia e Melhoramento das variedades de vegetais: cultivares e transgênicos*- (disponível em http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/biotecnologia_e_melhoramento_das_variedades_de_vegetais.pdf). O artigo trouxe informações mais técnicas sobre o assunto, contudo, apesar de demandar um tempo maior de leitura e discussão, foi possível extrair dele muitas informações sobre a legislação envolvida na adoção do cultivo no país, propriedade intelectual e mecanismos de proteção, além de apresentar um breve histórico dos transgênicos no mundo. A proposta de trabalho ocorreu em torno da busca e apresentação de aspectos favoráveis e desfavoráveis ao cultivo dos transgênicos, citados no artigo; reflexão do conceito de biotecnologia

e busca de exemplos que justifiquem a utilização dessas práticas; atualização de informações sobre a legislação que regulamenta o melhoramento e cultivo no Brasil.

De fácil compreensão e muito objetivo, o artigo utilizado como tema 6, *Transgênicos e Evolução dirigida*, (disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702000000300014) norteou a discussão sobre um caso hipotético de queda de produção de uma cultivar empregada em uma região diferente da qual era oriunda. Os alunos foram questionados sobre as possíveis causas da queda de produção; e, se havia possibilidade de se obter através dela e de outra espécie um hibrido viável.

O tema do roteiro 7, *Entenda como é produzida uma vacina,* foi trabalhado a partir do vídeo sobre produção de vacinas (disponível em http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-4906.pdf) que descreve com detalhes todas as etapas do processo. Duas informações foram destacadas: o número de ovos embrionados utilizados diariamente e como ocorre a morte do embrião. Estas informações foram confrontadas com as informações sobre a legislação brasileira para a pesquisa com células tronco embrionárias humanas.

Biofármacos: sua importância e as técnicas utilizadas na sua produção, tema do roteiro 8, foi trabalhado a partir de um artigo da revista Genética na Escola, (disponível em http://media.wix.com/ugd/b703bef9c3404a201f46d7afe84aa07ad3bd65.pdf). Apesar da revista ser direcionada a estudantes do Ensino Médio o artigo mostrou-se um pouco complexa e técnica demais. Contudo, as questões propostas, definição de biofármacos, vantagens de sua utilização e descrição das etapas de produção foram bem compreendidas e desenvolvidas.

O roteiro 9, envolvendo *Identificação através da análise de DNA: identificação criminal e de paternidade,* foi realizada em duas etapas. Uma completamente interativa, onde os alunos acessaram um site que disponibiliza de modo interativo todos os passos de um exame de DNA (disponível em http://www.pbslearningmedia.org/asset/tdc02_int_creatednafp2/). Todo em inglês, porém perfeitamente compreensível e lúdico. O objetivo foi descobrir quem abriu e comeu um dos doces de Jimmy Sweet. Na outra prática, o material forneceu impressão de padrões de banda de todos os envolvidos no caso de averiguação de paternidade (http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/formacao_acao/2semestre_2014/anexo5_biologia.pdf).

Casos específicos de produção de biofármacos foram apresentados no roteiro 10, "*Cabras transgênicas: animais recebem genes humanos e produzem proteínas no leite para tratamento de doenças.*". Uma reportagem, de modo bastante direto relatou o processo de obtenção do clone transgênico Gluca, nome dado à cabra que produz no leite a proteína glucocerebrosidase, cuja deficiência em humanos é conhecida como doença de Gaucher e é ocasionada por deficiência genética rara (disponível em http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/10/14/cabras-transgenicas/). A reportagem relata os custos do projeto, a importância das parcerias que fomentam as pesquisas e sobre tudo o impacto social e financeiro de tais projetos. As discussões confrontaram o custo dos projetos em andamento e o número de pessoas beneficiadas que, hoje são dependentes de medicamentos importados pelo governo brasileiro. Questionamentos foram feitos sobre a existência de medicamentos e porque destes terem custo tão elevado.

O roteiro 11, *CRISPR- uma ferramenta para editar o DNA*, chamou a atenção pelas possibilidades de sua utilização em diversas e variadas pesquisas que demandam uma ferramenta segura e prática para edição de DNA, entre essas possibilidades está a de se editar genes humanos, contudo, no Brasil ainda é proibida a implantação de embriões humanos alterados. A exploração desse tema, foi realizada a partir do artigo (disponível em http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2016/02/038-041_Crispr_240.pdf?69ec39). Os alunos listaram com seus colegas os motivos que suscitam temores éticos na utilização do sistema CRISPR-Cas9. Além disso, foi discutido sobre a importância de uma ferramenta para a "edição precisa" do DNA nos processos de engenharia genética.

O melhoramento genético, discutido no roteiro 12*, Introdução ao melhoramento genético de plantas,* trouxe uma visão bastante objetiva da relevância do melhoramento de plantas para a humanidade. Para a discussão foi proposto uma contraposição entre melhoramento convencional e melhoramento biotecnológico a partir do artigo dos autores Bespalhok, Guerra e Oliveira (2014) (disponível em http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%201.pdf), tendo em vista as discussões anteriores do mesmo tema.

Ao término de todas as discussões, reflexões e atividades propostas o mesmo questionário foi aplicado entre os alunos, e é a análise comparativa de ambos que norteou a discussão dos resultados da prática desenvolvida.

3 Resultados e discussão

No grupo de questões pertinentes ao eixo de Conhecimentos sobre o DNA na primeira afirmativa sobre a presença de DNA em todos os organismos, 59,52% dos alunos concordaram, 11,90% discordaram e 28,57% concordaram parcialmente (Questão 1 - Tabela 1). As respostas sobre a mesma questão no pós-diagnóstico, denota a compreensão da relação do DNA com a vida, por uma parcela muito significativa dos 40,47% que não reconheciam essa relação. Ao final, 92,86% passaram a reconhecer o DNA como característica dos seres vivos.

Tabela 1: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimentos sobre o DNA

Respostas / Conceitos	Pré-diagnóstico			Pós diagnóstico		
	C	CP	NC	C	CP	NC
1. Todos os organismos apresentam DNA.	25 (59,52)	12 (28,57)	5 (11,90)	39 (92,86)	0 (0,00)	3 (7,14)
2. Os cromossomos são formados por DNA associados à proteínas.	20 (47,62)	14 (33,33)	8 (19,05)	21 (50,00)	15 (35,71)	6 (14,29)
3. O DNA é formado por duas cadeias de nucleotídeos que ficam pareadas através das bases nitrogenadas.	29 (69,05)	5 (11,90)	8 (19,05)	36 (85,71)	4 (9,52)	2 (4,76)
4. A estrutura química do DNA contém açúcar (desoxirribose), base nitrogenada e fosfato.	16 (38,10)	11 (26,19)	15 (35,71)	32 (76,19)	7 (16,67)	3 (7,14)
5. A composição química do DNA é diferente entre as espécies.	25 (59,52)	9 (21,43)	8 (19,05)	20 (47,62)	11 26,19)	11 (26,19)
6. Todos os genes contêm o mesmo número de bases nitrogenadas. O que os diferencia são as combinações.	15 (35,71)	15 (35,71)	12 (28,57)	14 (33,33)	10 (23,81)	18 (42,86)

Nota: Os valores contidos entre os parênteses correspondem as porcentagens.

O questionamento sobre a estrutura espacial do ácido desoxirribonucleico (Questão 3 - Tabela 1) revelou uma concordância inicial de 69,05% dos alunos, que no pós-diagnóstico foi acrescida em 16,7%, totalizando uma concordância de 85,71%.

Quanto ao reconhecimento da composição química do DNA (Questão 4 - Tabela 1), que inicialmente mostrou-se em 38,0%, passou a 76,1% , revelando uma queda do percentual de alunos que não reconheciam a composição química do DNA.

De modo geral, nas questões 1, 3 e 4 houve um aumento da concordância com as afirmativas de conhecimento sobre o DNA, revelando uma boa base teórica construída. Ainda é possível atribuir o percentual de concordância, bem maior para a questão 4 no pós diagnóstico, ao estudo da síntese proteica que resgata o conhecimento sobre a composição química da célula, pois nesse processo o aluno fixa não só a substância química, mas também as moléculas presentes nas substâncias.

Entretanto, nas questões 2, 5 e 6 (Gráfico 1) percebe-se que os alunos reviram seus conceitos sobre o DNA.

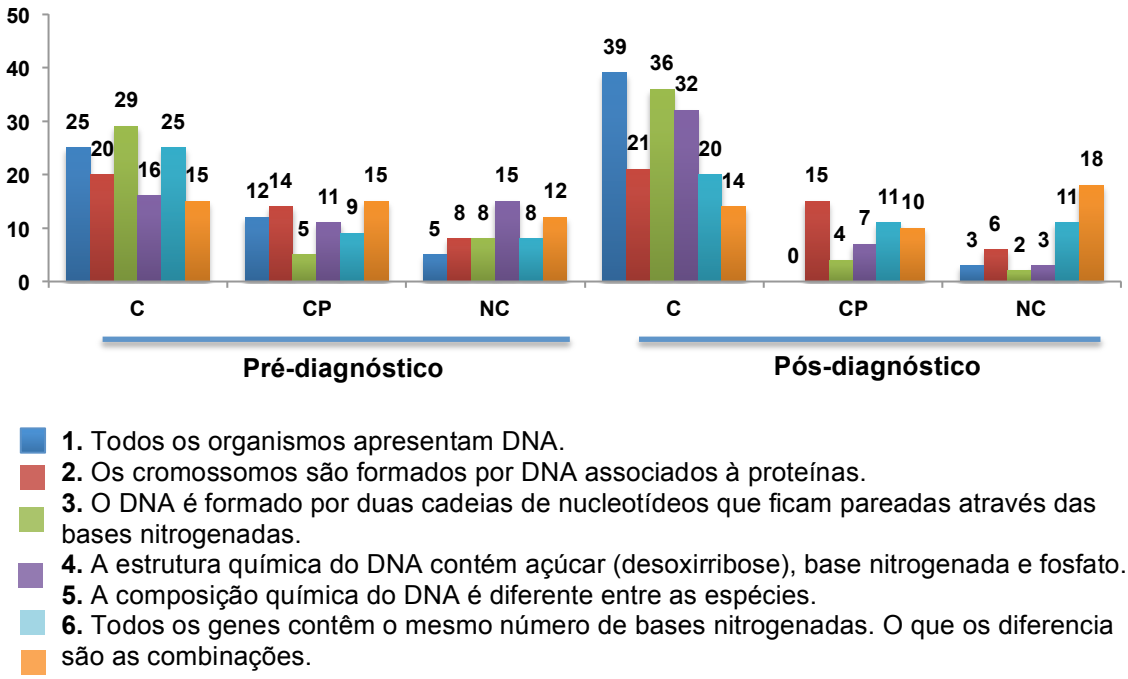


Gráfico 1: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimentos sobre o DNA

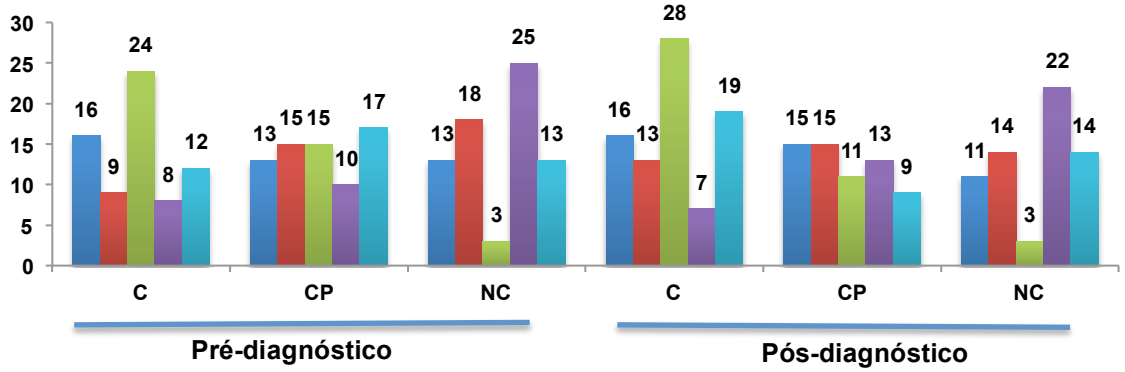
Quanto ao reconhecimento do DNA como componente químico estrutural dos cromossomos (Questão 2 - Tabela 1), as respostas denotam pouca mudança do conceito inicial para o conceito final. Enquanto no pré-diagnóstico 47,62% concordavam que os cromossomos são formados por DNA associado a proteínas, no pós-diagnóstico esse número aumentou para 50,00%.

Contudo, o questionamento sobre a composição química do DNA ser diferente entre as espécies (Questão 5 – Tabela 1), foi respondido, inicialmente, de maneira afirmativa por 59,52% dos alunos, mostrando que o conceito de universalidade do código genético é praticamente inexistente entre os educandos, porém, no pós-diagnóstico foi possível verificar uma diminuição dessa concordância (47,62%), revelando uma pequena revisão de conceito por um pequeno número de alunos.

Ainda buscando averiguar o conhecimento sobre a qualidade e quantidade dos compostos de DNA, nas sequências gênicas, afirmou-se que os genes contêm o mesmo número de bases nitrogenadas e o que os diferencia são as combinações. Todas as espécies possuem esses mesmos nucleotídeos, mas em quantidades distintas e ordenados de modo diferenciado em cada uma das espécies (Questão 6 – Tabela 1). A análise das respostas nos mostra que dos 35,71% que concordaram inicialmente com a afirmativa, apenas 2,38% reviram esse conceito, baixando o percentual de concordância para 33,33%. Porém, analisando que inicialmente apenas 28,57% discordavam da afirmativa, e que esse número aumentou para 42,86% no diagnóstico final, podemos inferir que a mudança é significativa entre os alunos que concordavam parcialmente com a afirmativa, de 35,71% inicialmente, para 23,81% no final.

No grupo de questões pertinentes ao eixo de Conhecimento sobre a Biotecnologia (Gráfico 2) revelou pouca apropriação dos conceitos de biotecnologia.

A afirmativa sobre melhoramento genético sempre envolver engenharia genética (Questão 7 – Tabela 2), teve o mesmo percentual de concordância no pré e pós-diagnóstico, 38,10%, porém, no pós diagnóstico o percentual que não concorda com a afirmativa diminuiu de 30,95% no pré, para 26,19% no pós diagnóstico. Desse modo, podemos afirmar que há uma visão equivocada das práticas de melhoramento.



7. Melhoramento genético sempre envolve engenharia genética.
8. A Biotecnologia e seus processos fazem parte apenas da história moderna do homem.
9. A Biotecnologia pode ser a solução para problemas como produção e qualidade dos alimentos, prevenção, tratamento e cura de doenças, reparo de danos ambientais, como por exemplo, poluição.
10. As técnicas e organismos utilizados em biotecnologia não têm mecanismos legais de controle. Somente os seus resultados é que são julgados como úteis ou não.
11. A inserção de sequências de genes no DNA de um organismo, é um processo realizado exclusivamente pelo homem, através da engenharia genética.

Gráfico 2: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimento sobre a Biotecnologia

Tabela 2: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimento sobre a Biotecnologia

Respostas / Conceitos	Pré-diagnóstico			Pós diagnóstico		
	C	CP	NC	C	CP	NC
7. Melhoramento genético sempre envolve engenharia genética.	16 (38,10)	13 (30,95)	13 (30,95)	16 (38,10)	15 (35,71)	11 (26,19)
8. A Biotecnologia e seus processos fazem parte apenas da história moderna do homem.	9 (21,43)	15 (35,71)	18 (42,86)	13 (30,95)	15 (35,71)	14 (33,33)
9. A Biotecnologia pode ser a solução para problemas como produção e qualidade dos alimentos, prevenção, tratamento e cura de doenças, reparo de danos ambientais, como por exemplo, poluição.	24 (57,14)	15 (35,71)	3 (7,14)	28 (66,67)	11 (26,19)	3 (7,14)
10. As técnicas e organismos utilizados em biotecnologia não têm mecanismos legais de controle. Somente os seus resultados é que são julgados como úteis ou não.	8 (19,05)	10 (23,81)	25 (59,52)	7 (16,67)	13 (30,95)	22 (52,38)
11. A inserção de sequências de genes no DNA de um organismo, é um processo realizado exclusivamente pelo homem, através da engenharia genética.	12 (28,57)	17 (40,48)	13 (30,95)	19 (45,24)	9 (21,43)	14 (33,33)

Nota: Os valores contidos entre os parênteses correspondem as porcentagens.

A compreensão de que a biotecnologia e seus processos são anteriores à história moderna do homem (Questão 8 – Tabela 2), é manifestada inicialmente por 42,86% dos alunos, porém este percentual diminuiu para 33,33% no diagnóstico final. Esse resultado denota que o acesso, mesmo que teórico, às técnicas da biologia molecular, através dos materiais disponibilizados pelo projeto, levou os alunos a relacionar as mesmas com avanços tecnológicos e não mais com processos simples e naturais como a fermentação, por exemplo.

Quanto ao reconhecimento da biotecnologia como um processo com potencial para solucionar problemas na área de saúde, de meio ambiente, de produção agropecuária, entre outros (Questão 9 – Tabela 2), inicialmente foi manifestado por 57,14% dos alunos participantes, número que no diagnóstico final subiu para 66,67%, diminuindo o percentual dos que concordavam parcialmente com essa relação, de 35,71% para 26,19%. O percentual de alunos que não estabelecem essa relação potencial para a biotecnologia ficou inalterado, 7,14% tanto no diagnóstico inicial como no final. Esse dado causou estranheza pela natureza dos materiais trabalhados, que envolveram pesquisas relacionadas à saúde, produtividade agrícola, etc.

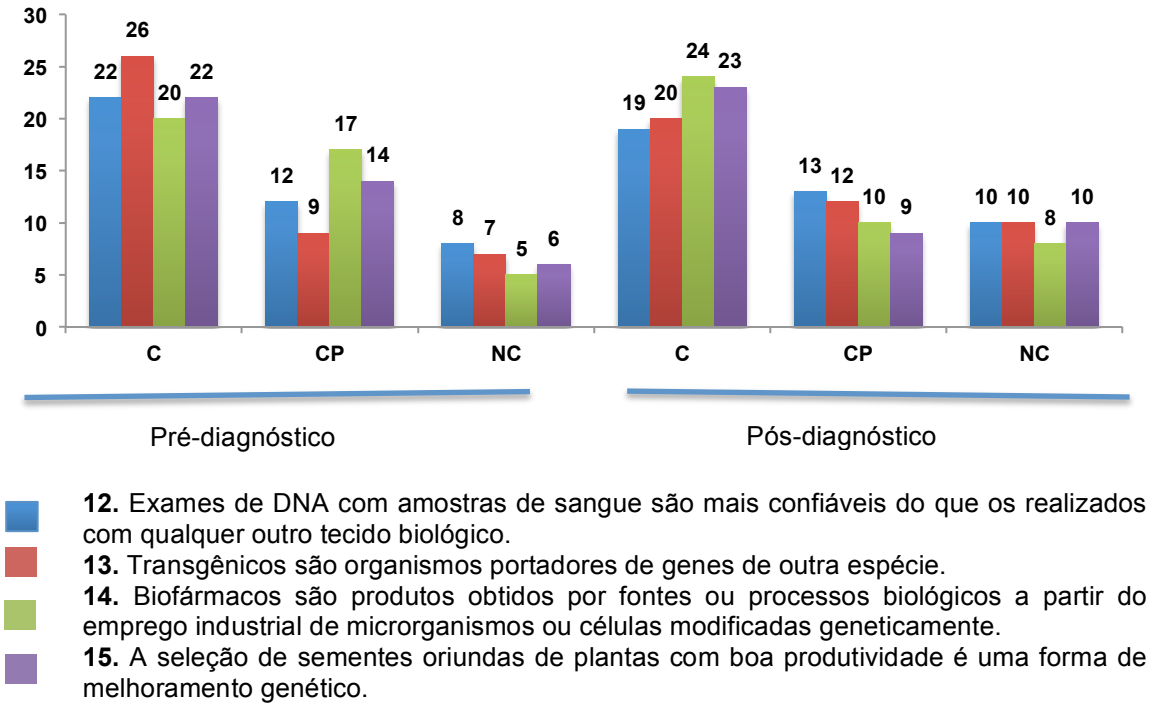
Sobre a existência de mecanismos legais de controle para as práticas e técnicas utilizadas em biotecnologia (Questão 10 – Tabela 2), inicialmente, 59,52% dos alunos reconheceram existir tais mecanismos, contudo, no questionário final esse percentual diminuiu para 52,38%. Essa redução pode ser atribuída às discussões sobre práticas descritas na produção de biofármacos e organismos envolvidos, práticas estas que foram questionadas durante as discussões.

O reconhecimento do processo de inserção de sequências gênicas de uma espécie para outra como sendo realizado exclusivamente pelo homem (Questão 11 – Tabela 2), foi manifestado inicialmente por apenas 28,57% dos alunos, mas ao final esse percentual aumentou para 45,24%, revelando entre os alunos uma supervalorização da biotecnologia, associada à dificuldade que estes têm de reconhecer processos naturais que foram incorporados às praticas biotecnológicas, como é o caso dos bacteriófagos e outros vírus.

No eixo de conhecimento de ferramentas utilizadas pela biotecnologia, o conceito de biofármacos e os processos e organismos envolvidos, não ficou claro entre os estudantes, pois, apesar de 57,14% concordarem com a afirmativa no pós-

diagnóstico, o percentual de alunos que discordam aumentou de 11,90% no pré, para 19,04% no pós-diagnóstico (Questão 12 – Tabela 3).

A afirmativa sobre os exames de DNA realizados com amostras de sangue ser mais confiáveis do que os realizados com outros tecidos, teve a concordância de 52,38% dos alunos no pré-diagnóstico. Essa concordância diminuiu pouco no pós-diagnóstico, 45,23%, apesar de termos desenvolvido uma atividade interativa de



identificação por DNA com amostra de saliva (Questão 13 – Tabela 3).

Gráfico 3: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimento de ferramentas utilizadas pela Biotecnologia

A afirmativa sobre transgênicos serem organismos portadores de genes de outra espécie (Questão 14 – Tabela 3) teve a concordância inicial de 61,90% dos alunos. Contudo, no pós-diagnóstico essa concordância diminuiu consideravelmente passando a 47,61%. Essa mudança de conceito pode ser atribuída às discussões sobre OGMs, que nem sempre são transgênicos, gerando uma sobreposição de conceitos.

Quando questionados sobre a seleção de sementes oriundas de plantas com boa produtividade ser uma forma de melhoramento genético (Questão 15 – Tabela 3), 52,38% concordaram já no diagnóstico inicial. Mas, ao final esse percentual aumentou para apenas 54,76%, atentando para o detalhe do aumento do número de

alunos que não concordaram com a afirmativa, de 14,28% para 23,80%. Esse resultado demonstra que o aluno tem uma visão muito restrita dos processos que envolvem melhoramento genético.

Tabela 3: Resultados do Pré e Pós-diagnóstico do questionário sobre o eixo de Conhecimento de ferramentas utilizadas pela Biotecnologia

Conceitos / Respostas	Pré-diagnóstico			Pós-diagnóstico		
	C	CP	NC	C	CP	NC
12. Exames de DNA com amostras de sangue são mais confiáveis do que os realizados com qualquer outro tecido biológico.	22 (52,38)	12 (28,57)	8 (19,05)	19 (45,24)	13 (30,95)	10 (23,81)
13. Transgênicos são organismos portadores de genes de outra espécie.	26 (61,90)	9 (21,43)	7 (16,67)	20 (47,62)	12 (28,57	10 (23,81)
14. Biofármacos são produtos obtidos por fontes ou processos biológicos a partir do emprego industrial de microrganismos ou células modificadas geneticamente.	20 (47,62)	17 (40,48)	5 (11,90)	24 (57,14)	10 (23,81	8 (19,05)
15. A seleção de sementes oriundas de plantas com boa produtividade é uma forma de melhoramento genético.	22 (52,38)	14 (33,33)	6 (14,29)	23 (54,76)	9 (21,43	10 (23,81)

4 Considerações finais

Após análise dos resultados, concluímos que as práticas propostas no projeto para a abordagem do tema Biotecnologia, revelam-se eficientes no sentido de despertar interesse e disseminar informações mais atualizadas. No entanto, conceitos básicos devem ser fixados anteriormente, para que a aprendizagem parta de uma base teórica que seja levada em conta pelo aluno para a formação de conceitos mais elaborados no campo da biotecnologia.

Uma exploração mais livre dos temas talvez levasse os alunos a mais questionamentos e à formação de conceitos de forma mais segura e precisa. Segundo Portilho e Almeida (2008), o conhecimento deve ser proposto a partir de dúvidas, de questionamentos, de busca de soluções para resolver problemas reais. Contudo, o preparo anterior da unidade didática inviabilizou esse processo, pois a escolha do material norteador das discussões ficou restrita ao professor.

O conhecimento prévio da turma, do perfil da mesma também são fatores preponderantes no desenvolvimento do trabalho. Porém a dinâmica do programa

através do qual o projeto foi construído e aplicado, não possibilita esse conhecimento.

A revisão conceitual no pós-diagnóstico nem sempre revelou apropriação do conteúdo por parte dos alunos, mas a análise de todo o processo revela que o modelo de ensino aprendizagem proposta pode ser eficiente desde que sejam reconsideradas algumas metodologias utilizadas.

5 Referências

BRASIL. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento** – 3. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000.

DE BONIS, M.; FERREIRA DA COSTA, M. A. **Educação em biossegurança e bioética: articulação necessária em biotecnologia.** Ver. Ciência & Saúde Coletiva, 14(6), 2107-2114, 2009

DINIZ, M. O.; FERREIRA, L. C. S. (2010). Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. **Estudos Avançados**, 24(70), 19-30. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000300003.>Acesso em 14 de jul. 2016.

DOLINSKY, L. C.; PEREIRA, L. M. C. V. (2007). DNA forense. **Saúde e ambiente em revista.** v(2), n. 2, p.11-22. Disponível em: <http://forensegenética.blogspot.com.br/p/tecnicas.html?m=1> Acesso em 14 de jul. 2016.

DOMINGUES, D. G. **Privilégios de invenção, engenharia genética e biotecnologia.** Rio de Janeiro: Forense, 1989. p.107-149.

HAYDEN, E. C. (2016) Should you edit your children's genes? 530. P.402-405. Disponível em: https://www.nature.com/news/should-you-edit-your-children-s-genes-1.19432

LOPES, H. R.; ANDRADE, R. F. M. **Biotecnologia, engenharia genética e organismos geneticamente modificados.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n.95, dez. 2011. Disponível em: <http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10941&revista_caderno=6>. Acesso em jul 2016.

PORTILHO, E. M. L, ALMEIDA, S. C. D . (2008). Avaliando a aprendizagem e o ensino com pesquisa no Ensino Médio. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação,** 16(60), 469-488. https://dx.doi.org/10.1590/S0104-40362008000300009

SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados.** São Paulo 24(70), p.7-17, 2010. Disponível em:

< https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000300002> Acesso em 14 de jul. 2016.

TRAVASSO, R. A.; FEITOSA, D. J.; DUARTE, R. T.; ARAÚJO, D. A. M. de; ALMEIDA, A. F. de**. Biotecnologia em ação: educação, ciência e tecnologia para inclusão e coesão social.** Disponível em: http://www.prac.ufpb.br/enex/trabalhos/4CBIOTECDBCNPROBEX2013659.pdf