

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**MARCOS ANTONIO GALANJAUSKAS**

**BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:**  
**PROPOSTA DE ENSINO**

**Mogi das Cruzes, SP**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**MARCOS ANTONIO GALANJAUSKAS**

**BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:**  
**PROPOSTA DE ENSINO**

Dissertação apresentada à Universidade de Mogi das Cruzes para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia. Área de Concentração: Biotecnologia.

**Prof. Orientador: Dr. Moacir Wuo**

**Mogi das Cruzes, SP**

**2009**

### FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Galanjauskas, Marcos Antonio

Biotecnologia no ensino médio : proposta de ensino /  
Marcos Antonio Galanjauskas. – 2009.

263 f.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) -  
Universidade de Mogi das Cruzes, 2009

Área de concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. Moacir Wuo

1. Biologia – Estudo e ensino 2. Processo ensino-  
aprendizagem 3. Biologia – Ensino médio 4.  
Transgênicos 5. DNA I. Wuo, Moacir

CDD 570.7

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às catorze horas do dia vinte e um de dezembro de dois mil e nove, na Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação "Biotecnologia no ensino médio: proposta de ensino" para obtenção do grau de Mestre pelo(a) candidato(a) **Marcos Antonio Galanjauskas**. Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 49 (quarenta e nove), a saber: 25 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de Mestre. A Comissão Examinadora estava constituída dos Senhores Professores Doutores Moacir Wuo, Regina Lucia Batista da Costa de Oliveira da Universidade de Mogi das Cruzes e Elisabeth Yu Me Yut Gemignani da Universidade Braz Cubas, sob a presidência do primeiro, como orientador da dissertação. A Sessão Pública da defesa de dissertação foi aberta pelo Senhor Presidente da Comissão que apresentou o candidato. Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos Membros da Comissão Examinadora. A seguir a Comissão, em Sessão Secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

aprovado por unanimidade  
(aprovado(a)/reprovado(a)) (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 21 de dezembro de 2009

Comissão Examinadora

Julgamento

Moacir Wuo  
Prof. Dr. Moacir Wuo

aprovado  
(aprovado(a)/reprovado(a))

Elisabeth Yu Me Yut Gemignani  
Profª Drª Elisabeth Yu Me Yut Gemignani

aprovado  
(aprovado(a)/reprovado(a))

Regina L. B. C. de Oliveira  
Profª Drª Regina L. B. C. de Oliveira

aprovado  
(aprovado(a)/reprovado(a))

*A minha esposa Santana.  
Aos meus filhos Heloisa e Henrique.  
A meus pais José e Cícera.  
Dedico este trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todas as pessoas que colaboraram na concretização deste trabalho em especial ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Moacir Wuo pela maneira acolhedora que me recebeu nesta caminhada acadêmica e por compartilhar da sua sabedoria e experiência, fatores incondicionais para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade de Mogi das Cruzes pela excelência no ensino e pela oportunidade de ofertar um ambiente de aprendizagem motivador.

Aos colegas de mestrado pela amizade demonstrada e apoio nos estudos, em especial a Luciana Francisco, Sabrina Albuquerque, Claudia Assis de Oliveira e Laércio Tadeu da Silva Brocos.

Aos Educadores sensíveis à questão da melhoria da qualidade de ensino.

Agradeço com carinho a minha esposa Santina pelo seu amor e apoio a todos os meus projetos de vida.

Aos meus filhos Heloisa e Henrique pela alegria e carinho que me dão e pela compreensão dos meus momentos de concentração nos estudos.

Aos meus irmãos Carlos, Sonia e Aninha pela infância querida e pelos incentivos dados aos meus estudos.

Aos meus pais pela educação e amor que me dedicam.

*Que haja transformação, e que comece comigo.*  
(Marilyn Ferguson)

## RESUMO

Os objetivos da presente pesquisa consistiram em construir e aplicar uma Proposta de Ensino de Biotecnologia (PEB) teórico-prático com articulação entre o saber científico e o contexto social de alunos das 3as séries do Ensino Médio de uma escola da Rede Oficial de Ensino do Estado de São Paulo. A proposta segue as orientações dos PCNEM+ e da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo sobre os conteúdos de Biotecnologia. A PEB é constituída de um conjunto de atividades envolvendo os conceitos sobre a estrutura do DNA, sua extração e aplicação em Teste de Paternidade e Clonagem, Micro-organismos importantes para a Biotecnologia como os Fungos e Bactérias, Transgenia e Bioética. O processo da PEB utilizou diversas estratégias e métodos de ensino tais como jogos didáticos, estudo dirigido, aulas dialogadas e expositivas, trabalho cooperativo, ensino recíproco e debates, com a utilização de materiais de baixo custo, adaptados às escolas que não possuem laboratórios e para serem desenvolvidas em 18 horas-aulas. Participaram da pesquisa 30 alunos de 2 classes de 3ª séries do Ensino Médio período matutino, sendo uma classe designada de ACA, na qual foi aplicada a PEB e a outra de ASA que somente tiveram aulas tradicionais definidas no plano de ensino da escola. Foi construído um questionário de avaliação para o pré e pós-teste contendo 40 questões cujas dimensões envolveram os conhecimentos sobre a importância da Biotecnologia, fontes de informação do DNA, sua estrutura e relação com as Proteínas e Mutação, Consumo de alimentos fermentados, transgênicos e Questões Éticas. Os dados obtidos do pré e pós-teste de ambas as classes foram analisados comparativamente tendo sido aplicado o teste do qui-quadrado para analisar a significância das frequências de respostas considerando  $p \leq 0,05$ . Os resultados mostraram que 54% dos alunos obtêm informações sobre o DNA fora do espaço escolar como a televisão e a internet. Cerca de 80,0% dos participantes da PEB conseguiram explicar de forma concisa a estrutura da molécula de DNA. A maioria dos estudantes do grupo ACA (92,9%) no pré-teste desconhecia a relação entre DNA e Proteínas, após a PEB este índice se inverteu para 92,3% dos alunos que afirmaram conhecer esta relação. Cerca de 75,0% dos alunos no pré-teste não sabiam se consumiram alimentos que contém transgênicos e com a PEB, 71,0% dos alunos reconheceram a possibilidade de consumir alimentos transgênicos. No pré-teste 86,8% dos alunos não souberam dar exemplos de aplicação da Biotecnologia, no pós-teste 66,0% conseguiram identificar diversas aplicações como clonagem, transgênicos e produção de fármacos. Verificou-se, então, a eficiência da estratégia para o ensino de Biotecnologia através do impacto positivo no desempenho dos estudantes que participaram das atividades teórico-práticas, demonstrando que a PEB funcionou com elemento facilitador do processo de ensino e de aprendizagem em Biotecnologia.

**Palavras-chave:** DNA; Transgênicos; Educação; Biologia; Processo ensino-aprendizagem.

## ABSTRACT

Teaching of Biotechnology offers many opportunities for the development of dynamic classes, attracting the attention of students and teaching content in a practical way, a fact often not observed in the educational reality. The objectives of this research consisted in building and implementing a Proposal for Teaching Biotechnology (PEB) theoretical and practical linkage between scientific knowledge and the social context of students in grades 3th high school in a school of Education of the State of Sao Paulo. The proposal follows the guidelines of PCNEM + and the Department of Education of the State of Sao Paulo on the contents of Biotechnology. The PEB consists of a set of activities involving the concepts about the structure of DNA extraction and its application in paternity testing and cloning, Micro-organisms important for Biotechnology and the fungi and bacteria, transgenic and Bioethics. The PEB process used various strategies and teaching methods such as educational games, directed study, lectures and exhibition dialogued, cooperative work, reciprocal teaching and discussion, with the use of low cost materials, tailored to the schools that do not have laboratories and be developed in 18 class hours. The participants were 30 students from 2 classes of 3rd grade of high school during the day, being a class designated in ACA, in which the PEB was applied and the other ASA had only traditional classes defined in the syllabus of the school. We constructed an evaluation questionnaire for pre and post-test containing 40 questions with dimensions involving knowledge about the importance of biotechnology, information sources of DNA, their structure and their relationship to mutation and protein, consumption of fermented foods, crops and Ethical Issues. Data obtained from the pre-and post-test of both classes were comparatively analyzed and applied the chi-square test to analyze the significance of response frequencies for  $p \leq 0.05$ . The results showed that 54% of students learn about the DNA outside the school as television and the Internet. Approximately 80.0% of the participants of PEB could explain concisely the structure of the DNA molecule. Most students of the ACA group (92.9%) in the pre-test was unaware of the relationship between DNA and proteins, after the PEB has reversed this ratio to 92.3% of students who said they knew this relationship. About 75.0% of students in the pre-test did not know if consuming foods containing GMOs and the PEB, 71.0% of the students recognized the possibility of consuming GM foods. In the pre-test 86.8% of students were unable to give examples of application of biotechnology in the post-test 66.0% able to identify various applications such as cloning, GMOs and production of pharmaceuticals. It was then the efficiency of the strategy for the teaching of biotechnology with a positive impact on students who participated in the theoretical and practical activities, demonstrating that the PEB has worked with a facilitator of the teaching and learning in Biotechnology. **Keywords:** DNA; Transgenics; Education, Biology, Teaching-learning process.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> A relação interdisciplinar envolvida na Biotecnologia.....	18
<b>Figura 2:</b> Inter-relação da Ciência Biotecnologia e a produção de bens e serviços - adaptado. ....	22
<b>Figura 3:</b> Condições e requisitos para produzir aprendizagem construtivista – adaptado.....	39
<b>Figura 4:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre conhecimentos da estrutura da molécula do DNA. ....	69
<b>Figura 5:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento das consequências da mutação gênica. ....	80
<b>Figura 6:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento da relação entre DNA e proteínas.....	82
<b>Figura 7:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento das funções das proteínas.....	85
<b>Figura 8:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já consumiram algum alimento produzido por bactérias. ....	90
<b>Figura 9:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já consumiram algum alimento produzido por fungos.....	96
<b>Figura 10:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em Biotecnologia.....	98
<b>Figura 11:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre conhecimentos da relação entre Biologia e Biotecnologia.....	107
<b>Figura 12:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se a biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos. ....	109
<b>Figura 13:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em transgênicos. ....	111
<b>Figura 14:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C de como são produzidos os transgênicos.....	115
<b>Figura 15:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em bioética. ....	119
<b>Figura 16:</b> Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se gostariam de saber alguma coisa sobre biotecnologia.....	123

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Cronologia das descobertas e eventos que contribuíram para o desenvolvimento da Biotecnologia.....	27
<b>Quadro 2:</b> Ensino de Biotecnologia nos diferentes níveis das escolas norte-americanas. ....	31
<b>Quadro 3:</b> Legislação sobre Biotecnologia .....	42
<b>Quadro 4:</b> Identificação e siglas das Escolas de Ensino Médio participantes da pesquisa .....	46
<b>Quadro 5:</b> Identificação e siglas das classes submetidas ao pré-teste e pós-teste.....	47
<b>Quadro 6:</b> Roteiro dos temas, atividades e estratégias e métodos de ensino. ....	50
<b>Quadro 7:</b> Distribuição das questões abertas e fechadas do pré-teste.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Distribuição dos participantes por série, idade e sexo.....	48
<b>Tabela 2:</b> Fontes de informações sobre DNA.....	63
<b>Tabela 3:</b> Indicações sobre conhecimento da formação da molécula de DNA .....	66
<b>Tabela 4:</b> Conhecimentos sobre a estrutura do DNA. ....	67
<b>Tabela 5:</b> Conhecimentos sobre as funções do DNA. ....	71
<b>Tabela 6:</b> Conhecimentos sobre a localização do DNA. ....	72
<b>Tabela 7:</b> Indicações se já ouviu falar em teste de paternidade usando DNA.....	74
<b>Tabela 8:</b> Conhecimentos sobre como é feito o teste de paternidade utilizando DNA. ....	75
<b>Tabela 9:</b> Indicações se já ouviram falar em mutação gênica. ....	76
<b>Tabela 10:</b> Conhecimentos sobre as consequências da mutação gênica. ....	77
<b>Tabela 11:</b> Indicações sobre conhecimentos da relação entre o DNA e as proteínas. ....	80
<b>Tabela 12:</b> Conhecimentos sobre a produção de proteínas nas células.....	81
<b>Tabela 13:</b> Indicações sobre conhecimentos das funções das proteínas no organismo. ....	83
<b>Tabela 14:</b> Exemplos funções das proteínas.....	83
<b>Tabela 15:</b> Conhecimentos sobre as Bactérias. ....	86
<b>Tabela 16:</b> Conhecimentos sobre a importância das bactérias para os seres humanos.....	87
<b>Tabela 17:</b> Indicações se já consumiram algum alimento produzido por bactérias. ....	89
<b>Tabela 18:</b> Indicações de alimentos consumidos que foram produzidos por bactérias. ....	90
<b>Tabela 19:</b> Conhecimentos sobre Fungos.....	92
<b>Tabela 20:</b> Indicações se já consumiram algum alimento produzido por fungos.....	94
<b>Tabela 21:</b> Indicações de alimentos consumidos que foram produzidos por fungos. ....	95
<b>Tabela 22:</b> Indicações se já ouviram falar em biotecnologia. ....	97

<b>Tabela 23:</b> Conhecimentos sobre o que é biotecnologia. ....	99
<b>Tabela 24:</b> Opinião sobre a biotecnologia. ....	101
<b>Tabela 25:</b> Exemplos de aplicação da biotecnologia.....	102
<b>Tabela 26:</b> Indicações sobre a importância de ensinar biotecnologia na escola.....	103
<b>Tabela 27:</b> Indicações sobre por que estudar biotecnologia na escola. ....	104
<b>Tabela 28:</b> Indicações de conhecimentos sobre a relação entre a biotecnologia e a biologia. ....	105
<b>Tabela 29:</b> Relação entre a biotecnologia e a biologia. ....	106
<b>Tabela 30:</b> Indicações se a biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos. ....	108
<b>Tabela 31:</b> Indicações das aplicações da biotecnologia para o ser humano. ....	109
<b>Tabela 32:</b> Indicações se já ouviu falar em transgênicos. ....	111
<b>Tabela 33:</b> Conhecimentos sobre transgênicos.....	112
<b>Tabela 34:</b> Exemplos de transgênicos. ....	113
<b>Tabela 35:</b> Indicações sobre como são produzidos os transgênicos.....	114
<b>Tabela 36:</b> Indicações se já consumiu algum alimento transgênico.....	115
<b>Tabela 37:</b> Opinião sobre os transgênicos. ....	116
<b>Tabela 38:</b> Indicações se já ouviu falar em bioética.....	118
<b>Tabela 39:</b> Indicações sobre questões atuais envolvendo bioética.....	120
<b>Tabela 40:</b> Indicações se gostariam de saber alguma coisa sobre Biotecnologia.....	122
<b>Tabela 41:</b> Indicações do que gostaria de saber sobre biotecnologia.....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACA	Classe ou grupo da escola A com atividades práticas
ARGENBIO	Conselho Argentino para a Informação e Desenvolvimento da Biotecnologia
ASA	Classe ou grupo da escola A sem atividades práticas
CBA	Centro de Biotecnologia da Amazônia
CBME	Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural
CGEN	Conselho de gestão do patrimônio Genético
CONABIO	Comissão Nacional de Biodiversidade
CONSEA	Conselho Nacional de Segurança Alimentar
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
EIBE	Iniciativa Européia para o Ensino da Biotecnologia
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MEC	Ministério da Educação e Cultura
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
OGMs	Organismos geneticamente modificados
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PEB	Proposta de Ensino em Biotecnologia
PCBSESP	Proposta Curricular de Biologia da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo
PITCE	Política Industrial, Tecnologia e de Comércio Exterior
PROUNI	Programa Universidade para Todos
RNA	Ácido Ribonucléico
tRNA	RNA de transferência
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UMC	Universidade Mogi das Cruzes

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
2.1	A Biotecnologia .....	17
2.2	Desenvolvimento da Biotecnologia: Um Processo Histórico- Sócio-Científico .....	23
2.3	Educação em Biotecnologia .....	29
2.4	O Construtivismo como Fundamentação do Processo Ensino- Aprendizagem .....	38
2.5	Bases Legais da Biotecnologia .....	41
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	45
3.1	Objetivo Geral .....	45
3.2	Objetivos Específicos .....	45
<b>4</b>	<b>MÉTODO</b> .....	46
4.1	Participantes .....	46
4.2	Organização das atividades da Proposta de Ensino de Biotecnologia – PEB .....	48
4.3	Instrumento de coleta de dados .....	51
4.4	Procedimentos de coleta dos dados .....	51
4.5	Desenvolvimento das Atividades em Biotecnologia .....	52
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	63
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b> .....	126
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	134
	<b>APÊNDICES</b> .....	144
	<b>ANEXOS</b> .....	259

# 1 APRESENTAÇÃO

Atualmente a Biologia Moderna apresenta-se fortemente sedimentada nas áreas de Ciências Genômicas e Biotecnologia. Estas áreas vêm revolucionando as atividades de pesquisa e desenvolvimento das chamadas Ciências da Vida. Os avanços recentes de pesquisa e desenvolvimento incluem tecnologias cada vez mais sofisticadas e eficientes para analisar e interpretar grandes quantidades de dados de sequenciamento de DNA. Estes avanços permitem ainda localizar gene de interesse em qualquer parte do genoma, descobrir os genes que controlam características de interesses econômicos, analisarem expressão gênica de milhares de genes simultaneamente ou ainda desenhar e introduzir construções gênicas específicas em espécies alvo. A comparação direta da informação genética entre organismos, através do estabelecimento de redes de conhecimento, permite em última análise, conectar todas as formas de vida existentes.

Neste cenário, o jovem estudante do Ensino Médio necessita aprofundar seus estudos nas áreas de Ciências Biológicas, através de recursos experimentais eficazes que proporcionem uma efetiva consolidação de aprendizagem das novas Tecnologias, em particular a Biotecnologia. O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma Proposta de Ensino em Biotecnologia para o Ensino Médio fundamentada nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Biologia (PCN) e das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias - voltadas para efetiva compreensão das inter-relações dos conhecimentos científicos, assim como as associações entre o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias com os conceitos fundamentais das Ciências Biológicas. Também são propósitos e recomendações das OCNEM (BRASIL, 2006) as análises das interferências da qualidade de vida oriundas da Biologia e suas novas Tecnologias. Através de atividades práticas, fundamentadas nos métodos científicos, espera-se que os alunos tenham a oportunidade de relacionar a teoria com a prática na área de Biotecnologia num processo de construção de conhecimento autônomo e que possibilitem, num futuro, tomadas de decisões frente aos desafios e ambigüidades impostos pela Biotecnologia tanto nas questões técnico-procedimentais como nas questões éticas.

## 2 INTRODUÇÃO

A biotecnologia é uma das principais tecnologias do Século XXI, sua larga escala multidisciplinar inclui atividades como DNA recombinante, técnicas de clonagem e aplicação de micro-organismos, entre outros campos de pesquisa de extrema importância para a sociedade, refletindo no descobrimento de novas variedades de plantas e animais, no desenvolvimento de novos fármacos, e no combate de doenças infecciosas, sistêmicas, câncer e demais enfermidades, tanto de aplicação humana, animal quanto agroindustrial (RATLEDGE e KRISTIANSEN, 2006).

No entanto, as pesquisas e os especialistas na área de biotecnologia apontam segundo a engenheira agrônoma Alda Lerayer, diretora do Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB), que boa parte do público e, em especial os jovens, carece de informações corretas sobre o assunto. Estas pesquisas apontam que jovens da faixa etária entre 15 e 25 anos, que são os futuros formadores de opiniões do país, representando 37% da força de trabalho, são os que mais desconhecem o tema. (LERAYER, 2008).

As mudanças de paradigmas tecnológicos são vivenciadas pela biotecnologia moderna, que coloca novos desafios a serem compreendidos pelos educadores e pela sociedade em geral. Muitas informações sobre as novas tecnologias são veiculadas pela mídia: clonagem, célula-tronco, biossegurança, transgênicos, nanotecnologia, e podem gerar dúvidas e conflitos na sociedade, resultando, muitas vezes, em opinião insólita e sem fundamentação científica (ODA, 2003).

Desse modo, a formação de uma atitude científica está ligada à maneira como se constrói o conhecimento. O ensino que apresenta a ciência em uma abordagem tradicional, nem sempre ajuda o aluno a construir um conjunto de competências e habilidades necessárias para a construção de um novo conhecimento (FUMAGALLI, 1993).

Para Vigotsky (2003) a construção do conhecimento escolar torna-se relevante para a comunidade quando a prática pedagógica propicia uma integração entre conhecimento científico e conhecimento habitual.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais-PCN (BRASIL, 2002) os ensinamentos de biologia devem subsidiar as questões envolvendo as novas tecnologias no âmbito da genética e da biologia molecular; manipulação do DNA e clonagem.

Para Kruger (2003) é necessária a construção de atividades planejadas que visem o conhecimento da realidade dos sistemas de ensino e os principais problemas relacionados com a prática docente, os saberes ou conhecimentos profissionais necessários à prática docente e a

necessidade de referenciais teóricos mais complexos do que o senso comum. As aulas práticas de ciências e biologia proporcionam um ambiente de aprendizagem onde o aluno possa tornar-se mais atuante e construtor do próprio conhecimento. Através das aulas práticas o aluno aprende a interagir com suas próprias dúvidas, propõe soluções e emite conclusões por meio das aplicações do conhecimento por ele obtido, tornando-se, assim, o agente do seu aprendizado.

Para os PCN um dos os maiores desafios para a atualização pretendida no aprendizado de “Ciência e Tecnologia, no Ensino Médio” é a formação adequada de professores e a elaboração de materiais institucionais adequados.

Desse modo em consonância com as orientações do PCN, buscou-se nesta pesquisa a elaboração e aplicação de atividades experimentais em biotecnologia que possam ser realizadas em salas de aula para o Ensino Médio, como também incentivar a discussão sobre questões éticas relacionadas às aplicações dos novos conhecimentos da biotecnologia.

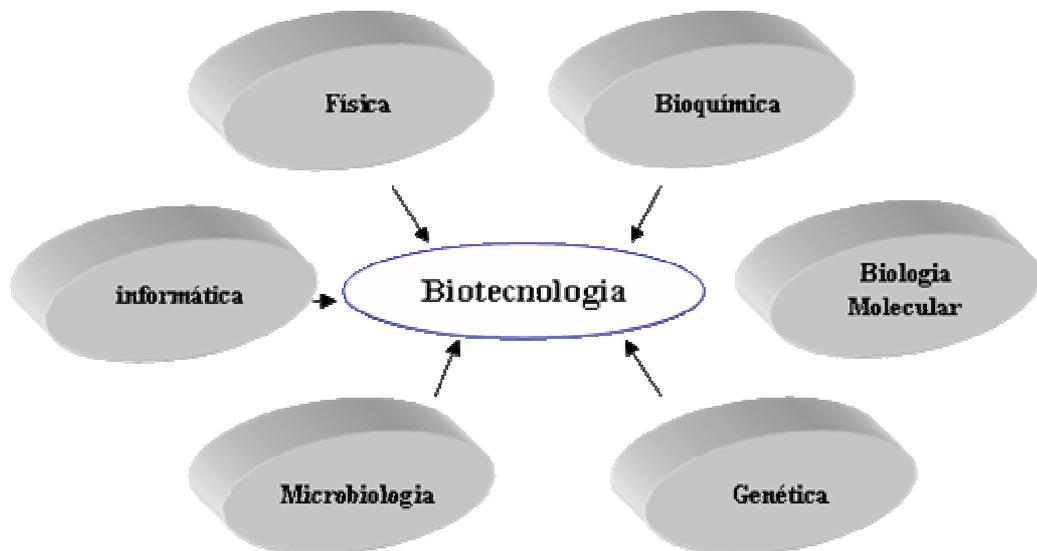
## **2.1 A Biotecnologia**

As definições para biotecnologia têm caráter multidisciplinar, abrangendo conhecimentos nas áreas de microbiologia, biologia molecular, genética, bioquímica, engenharia, economia, informática e botânica, entre outros. A evolução dos conhecimentos, assim como da importância social e econômica, tem influenciado as construções dos entendimentos sobre a biotecnologia. Nota-se que as definições evoluem no sentido de agregar elementos técnico-científicos e econômicos, assim como as questões referentes à produção de fármacos e à recuperação ambiental.

Salles Filho, Cerantola e Álvares (1985) definem biotecnologia como o conjunto de todas as técnicas que incluem o desenvolvimento e a aplicação de organismos biológicos na produção de bens e serviços. Trata-se de uma definição ampla e pouco precisa, uma vez que a utilização de organismos biológicos para produção de bens e serviços pode ser entendida como qualquer atividade além dos processos biológicos.

Salles Filho e Futino (1991) apresentam uma definição na qual faz referência a um conjunto de técnicas de natureza variada que envolve uma base científica comum de origem biológica, e que requer um crescente aporte de conhecimento científico e tecnológico oriundos de outros campos do conhecimento. Nesta definição há uma referência clara sobre a questão investigativa e a integração de áreas diversas do conhecimento e não só a área das ciências biológicas.

Para Villen (2002), o ritmo dos avanços técnico-científicos da biotecnologia é acentuado e vem acompanhado de intercâmbios com as mais diversas áreas de conhecimentos tais como a biologia molecular, fisiologia, microbiologia, engenharia química, engenharia ambiental, medicina e farmacologia, entre outras. A **Figura 1**, a seguir, ilustra algumas dessas interações e inter-relações, considerando o dinamismo e a complexidade dado os avanços científicos nas áreas indicadas e considerando-se que a biotecnologia não existe como uma disciplina científica isolada, mas sim, um campo multidisciplinar emergente, envolvendo uma grande variedade de áreas científicas distintas já citadas anteriormente e outras, entre as quais a biologia, a genética, a química, a bioquímica, engenharia bioquímica, engenharia mecânica, engenharia alimentar, eletrônica e informática.



**Figura 1:** A relação interdisciplinar envolvida na Biotecnologia

A convenção sobre Diversidade Biológica promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1992, em seu artigo 2º, define a biotecnologia como qualquer aplicação tecnológica que use sistemas biológicos, organismos vivos ou derivados destes para fazer ou modificar produtos ou processos para usos específicos.

Bunders (1996) define a biotecnologia como a aplicação de conhecimento nativo e/ou científico para o gerenciamento de partes de micro-organismos superiores de forma que estes forneçam bens e serviços para o uso dos seres humanos.

Keneen (1999) recupera e apresenta o entendimento expresso pela Monsanto em seu Relatório Anual de 1996 destinados aos seus acionistas. Trata-se de uma definição marcada pelos interesses econômicos das indústrias dos agronegócios e, dessa maneira, grandes

divulgadoras da biotecnologia. O entendimento declara que a biotecnologia aproveita o potencial metabólico dos sistemas vivos para o desenvolvimento de novas variedades.

Serafini, Barros e Azevedo (2002) entendem por biotecnologia a utilização dos seres vivos para o desenvolvimento de processos e produtos de interesse econômico e/ou social, enquanto que Borém (2005) refere-se à “Biotecnologia Moderna” como área da ciência que envolve modificações nos organismos com utilização das técnicas de engenharia genética e biologia molecular.

Essas várias definições e entendimentos demonstram nitidamente que se trata de uma ciência multidisciplinar com interesses diversos. Dada à amplitude da biotecnologia, para um melhor entendimento, é possível considerar e fazer distinção entre a “Biotecnologia Clássica” ou antiga e a “Biotecnologia Moderna” que envolve a manipulação de material genético.

A Biotecnologia Clássica consiste na utilização de seres vivos sem promover alterações de suas informações genéticas, destacando as técnicas e processos de fermentação bacteriológica e por fungos utilizados há cerca de 6.000 anos aC pelos babilônios, sumérios, gregos e egípcios. Tais processos viabilizavam e predominavam na produção de vinho, pão, cerveja, queijo, coalhada, vinagre, entre outros.

Esses processos foram e são utilizados com sucesso e com crescentes avanços, podendo destacar os trabalhos de Pasteur, em 1876, na identificação dos micro-organismos como agentes fermentadores e a fermentação como um mecanismo utilizado pelos seres vivos para produzir energia na ausência de oxigênio.

Em 1897, Buchner demonstra a possibilidade de produção de álcool a partir da fermentação de açúcar utilizando-se de um macerado de levedura. Os avanços técnicos e os conhecimentos sobre processos fermentativos ganharam espaço na economia mundial com as produções em escalas industriais de glicerol, acetona e antibióticos (VILLEN, 2002).

Na década de 50, o modelo da molécula do ácido desoxirribonucléico (DNA) proposto por Watson e Crick e a síntese de DNA em laboratório podem ser considerados dois eventos científicos que abriram caminho para a era da Biotecnologia Moderna.

A partir da década de 80, ocorreu uma mudança significativa nos estudos da engenharia genética com as descobertas e o desenvolvimento das técnicas do DNA recombinante e das fusões celulares ou hibridomas que possibilitaram a manipulação genética dos seres vivos e a ampliação das antigas técnicas da biotecnologia.

A introdução dessas novas tecnologias afetou essencialmente as áreas da genética microbiana, engenharia enzimática, processos de fermentação e cultivo de tecidos, podendo, dessa forma, melhorar qualitativamente e quantitativamente a utilização dos recursos naturais,

umentar a produtividade agrícola, introduzir sementes melhoradas, produzir novos fármacos, descobrir a cura para várias doenças, assim como utilizar processos de remediação e recuperação de ambientes degradados. Segundo Anciães e Cassiolato (1985), essas mudanças representam um controle do homem sobre os processos naturais, permitindo que sejam usados de uma forma mais eficiente, visando à produção e o atendimento das necessidades humanas.

Valle (2000) afirma que o desenvolvimento de processos agroindustriais, mais especificamente, a produção de alimentos com tecnologia de DNA recombinante, tem propiciado perspectivas de bons lucros apenas para os grandes conglomerados que utilizam a biotecnologia com propósitos comerciais.

A Biotecnologia Moderna, apesar de sua complexidade multidisciplinar, pode ser resumida na aplicação da engenharia genética e nas investigações de estudos sobre genomas através da transformação genética com a introdução controlada de um gene no genoma de uma célula receptora que, em sua posterior expressão, assume adicional significância, pois abre novas perspectivas ao melhoramento genético de espécies florestais, disponibilizando novos genes com características desejáveis para serem incorporados em menor espaço de tempo. (SARTORETTO; SALDANHA; CORDER. 2008).

A engenharia genética utilizada na produção de novas variedades vegetais e os estudos genômicos de plantas e fitopatógenos tem como objetivo combater doenças (SILVEIRA, 2004).

Um exemplo de aplicação da engenharia genética foi o sequenciamento do DNA da bactéria *Xylella fastidiosa*, responsável pela praga do amarelinho que devasta 30% da cultura de laranja no estado de São Paulo, realizado por pesquisadores brasileiros, incluindo equipe de pesquisadores na Universidade de Mogi das Cruzes, e publicado na revista "Nature", fato que demonstrou um Brasil altamente competitivo e reconhecido pela comunidade científica internacional.

Atualmente, segundo a University of Maryland Biotechnology Institute (2009), é usual classificar com cores as grandes áreas da biotecnologia.

A **biotecnologia branca** diz respeito às aplicações industriais e ambientais. Inclui os processos industriais que utilizam enzimas e organismos para processar e produzir produtos químicos, materiais de limpeza e biocombustíveis e aminoácidos para a indústria de alimentos. Esta área inclui também a biorremediação por meio de micro-organismos que retiram produtos tóxicos do ambiente como, por exemplo, no tratamento de águas residuais ou no combate a marés negras, resultantes de derrames de petróleo que ocorrem nos oceanos.

A **biotecnologia vermelha** inclui as aplicações relativas à saúde. Esta área inclui a utilização de processos relacionados com a medicina e a farmacologia e se baseiam na manipulação genética de organismos. Antibióticos, técnicas de diagnóstico, vacinas, terapia gênica, testes genéticos, farmogenômica, células estaminais, entre outros, são exemplos das aplicações desta área.

A **biotecnologia verde** representa o segmento da biotecnologia moderna que desenvolve biotécnicas aplicáveis à agricultura. As aplicações biotecnológicas desta área incluem métodos de melhoramento de variedades vegetais através da micro propagação, da seleção com marcadores moleculares e da utilização de tecnologia de DNA recombinante.

As soluções obtidas nessa área permitem a produção de plantas resistentes a doenças, a pragas, a pesticidas e a condições ambientais adversas (por exemplo; a salinidade e as temperaturas extremas), ou plantas com teor nutritivo de maior qualidade.

A **biotecnologia azul** dedica-se a aplicações em organismos aquáticos. Esta área envolve a aplicação de métodos moleculares com base em organismos marinhos e de água doce, ou em seus tecidos, células ou componentes celulares. O objetivo é aumentar as reservas de alimentos e sua segurança, proteger espécies ameaçadas e, ainda, desenvolver novos fármacos.

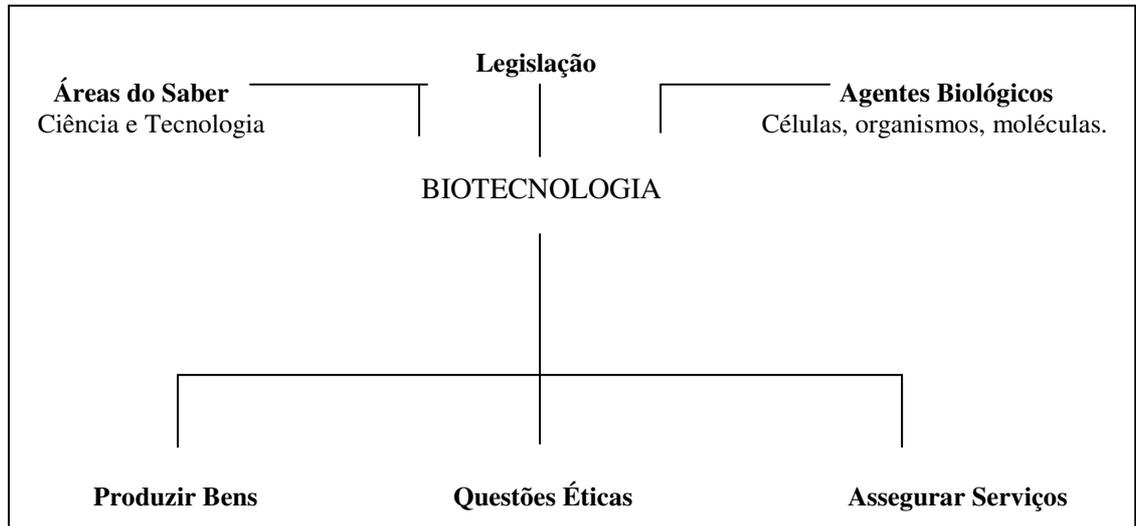
Muitas aplicações da biotecnologia são classificadas com mais de uma cor. Por exemplo, a produção de energia por meio de plantas ou de resíduos, pode ser considerada biotecnologia branca ou verde. Dessa maneira, a **biotecnologia multicolor** tem um caráter de interdisciplinaridade.

De acordo com Chopra e Kamma (2006), a biotecnologia relaciona-se à biologia sintética, que é a técnica de construir novos sistemas biológicos que não existem na natureza. A técnica desenvolvida continua sendo utilizada, mas o novo organismo é produzido a partir de um código genético não encontrado na natureza. A biologia sintética faz uso de técnicas de biologia molecular, princípios de engenharia e modelagem matemática para projetar e construir circuitos genéticos que possibilitem que células vivas realizem novas funções.

Segundo o Conselho Argentino para a Informação e Desenvolvimento da Biotecnologia-Argenbio (2009), o avanço obtido pela moderna biotecnologia está relacionado com a engenharia genética que beneficiou a sociedade com a produção de insulina, fabricação de alimentos e melhoramentos no cultivo de vegetais.

Nodari (2006) também destaca a biotecnologia, em seu sentido amplo, como a ciência que lida com a manipulação de microorganismos, plantas e animais objetivando obter

processos e produtos de interesse social. A dimensão sócio-econômico-biológica da biotecnologia é ilustrada na **Figura 2** (Instituto de Tecnologia ORT-adaptado -2008).



**Figura 2:** Inter-relação da Ciência Biotecnológica e a produção de bens e serviços - adaptado.  
Fonte: Instituto de Tecnologia – ORT, (2008).

A biotecnologia pode ser utilizada como ferramenta que permite a aquisição de novos conhecimentos científicos, com intervenção direta na reprodução animal ou vegetal e na transferência gênica.

Vários benefícios têm se observado na utilização da biotecnologia, como o aumento da produtividade agrícola e a geração de novas tecnologias de controle biológico. No entanto, alguns questionamentos são apontados como o apresentado por Menezes (2008), ao inferir que essas novas tecnologias requerem mais estudos e cita, por exemplo, que a aplicação da soja transgênica pode proporcionar o surgimento de super-pragas pelo processo de pressão de seleção, bem como pela eliminação de insetos benéficos e de bactérias de solo.

Pode-se então entender a biotecnologia como um processo biológico “prático” ou “empírico” que, desde a exploração da natureza na antiguidade até as mais modernas técnicas de manipulação do DNA, o homem tem-se utilizado de conhecimentos de áreas da biologia para interferir e modificar o contexto das necessidades humanas.

As diversas definições aqui apresentadas demonstram o esforço no sentido de caracterizar a extensa e complexa área da biotecnologia, reforçando a proposição de que seu ensino deve abordar todas as possíveis conexões dos seus conteúdos com as imbricações históricas, humanas, sociais, éticas, econômicas, políticas, ambientais e técnicas. Outro aspecto relevante a ser observado é a provisoriedade dos conceitos científicos, decorrente da

dinamicidade da própria ciência e, nesse sentido, o professor de biologia também deve estar preparado e atualizado, para que a compreensão sobre este tema ocorra de forma contextualizada e com o avanço científico (PEREIRA; JURBERG; COSTA, 2009).

Em vista aos conceitos apresentados, nota-se que a escolha de uma só definição de biotecnologia torna-se inapropriada, devido aos diferentes significados atribuídos ao conceito nos diferentes setores de aplicação: Dentro da agricultura, a biotecnologia costuma se referir aos OGMs e às tecnologias associadas como os marcadores de DNA que permitem identificar a presença de um gene a grande distância e de forma simples. Atualmente existem um grande número de marcadores de DNA. A análise de quais marcadores estão associados a caracteres de interesse econômico é facilitada enormemente com a disponibilidade de um mapa genético. A biotecnologia para as aplicações do meio ambiente e industrial inclui tecnologias que não usam OGMs, como, por exemplo, a biorremediação de terras poluídas ou branqueamento da polpa de madeira. No setor da saúde, a biotecnologia se refere às várias tecnologias avançadas, como a engenharia genética, genômica e proteômica, mas inclui, também, disciplinas como a química combinatória, que são aplicadas em síntese química tradicional.

Desse modo, a proposta de ensino de biotecnologia no ensino Médio por meio da experimentação, busca privilegiar um ambiente de aprendizagem que favoreça a compreensão, por parte do aluno, de que a ciência e a tecnologia são conhecimentos produzidos pelos seres humanos e que interferem no contexto de vida da humanidade. Razão pela qual todo cidadão tem o direito de receber esclarecimentos sobre como as novas tecnologias poderão afetar a sua vida.

## **2.2 Desenvolvimento da Biotecnologia: Um Processo Histórico-Sócio-Científico**

Embora haja uma tendência de se pensar em biotecnologia como uma nova ciência, sua utilização apareceu com a própria história da humanidade, há 10.000 anos, quando sementes agrícolas foram produzidas e melhoradas por gerações de camponeses. Um indicador da mudança dos humanos de “catadores e coletores” para “sedentários e domesticadores de plantas e animais”.

Segundo a European Initiative for Biotechnology Education-EIBE (2000), a origem da biotecnologia se molda por fatores culturais, implicando inter-relações da ciência e tecnologia com a sociedade. Para ilustrar as diferentes origens das atividades da biotecnologia sugere a análise de três casos de aplicação de uso atual: a) fabricação do pão; b) tratamento da água e c) produção da penicilina.

a) Fabricação do pão - o uso do pão na alimentação humana é antiqüíssimo. O desenvolvimento desse alimento básico é um exemplo da biotecnologia alimentícia com a utilização de leveduras.

b) Tratamento da água – com o desenvolvimento das civilizações foi necessário utilizar a biotecnologia no tratamento de água residual; um importante exemplo da biotecnologia ambiental para a melhoria de qualidade de vida com a reciclagem da água é o tratamento dos efluentes domésticos e industriais.

c) Produção de penicilina - a história do descobrimento da penicilina deu-se no período da Segunda Guerra Mundial. Este é um exemplo da aplicação mais recente da biotecnologia na qual foram utilizadas novas técnicas para combater um problema político e de saúde.

A manipulação de organismos vivos com finalidades práticas, como fabricação de bebidas e a transformação de alimentos constituem uma tradição milenar, embora, não eram conhecidos os agentes causadores das fermentações e somente no século XVII com o uso do microscópio é que eles foram descritos.

A partir desse período histórico uma série de eventos contribuiu para o desenvolvimento da biotecnologia, conforme descrito abaixo.

Em 1865, o monge austríaco Mendel divulgou seus estudos das leis da hereditariedade, lançando as bases para o desenvolvimento da genética. Até o final do século XIX, as áreas da ciência que deram origem à biologia molecular progrediam ou surgiam independentemente. Não se supunha que os estudos celulares tinham correlação com os dos ácidos nucléicos e que estes teriam papel na hereditariedade. Enquanto isso, os descobrimentos e os processos tecnológicos envolvendo organismos ganhavam credibilidade e aplicações e os conhecimentos sobre a hereditariedade também avançavam a partir das pesquisas de Mendel.

Em 1875, Louis Pasteur, através da comprovação científica de existência de fungos e bactérias, rebateu a teoria da geração espontânea e contribuiu para uma fase importante do desenvolvimento da Biotecnologia Clássica, pois, além de explicar a causa de várias

enfermidades humanas e animais, revolucionando a medicina e a biologia, aperfeiçoou as técnicas tradicionais de fermentação.

Durante o período da Segunda Guerra Mundial, a descoberta da penicilina por Alexander Fleming, em 1928, foi um grande marco de referência para a fermentação industrial, contribuindo para o avanço da medicina e da produção de antibióticos.

Lerderberg (1994) cita a importância dos experimentos de Avery, Mcleod e McCarty realizados em 1944, nos quais demonstraram que o suporte físico que contém o material genético é a molécula de DNA, o que contribuiu para o avanço da biologia molecular.

Outro marco significativo na história da biotecnologia, foi a identificação da estrutura em dupla hélice do material genético, feita em 1953 pelo biólogo norte-americano Jim Watson e o físico britânico Francis Crick, por meio da qual se passou a explicar a transmissão de informações hereditárias (MORANGE, 1994). Com o descobrimento da estrutura dos ácidos nucleicos desenvolveu-se a chamada Biotecnologia Moderna, com a utilização das técnicas de Engenharia Genética e Biologia Molecular (BORÉM, 2005).

Ainda na década de cinquenta, outra contribuição importante foi a determinação da estrutura das proteínas através do estudo da insulina e a descoberta da enzima DNA polimerase I e do RNA de transferência (t RNA).

Em 1970, são descobertas as enzimas de restrição e, em 1973, realizam-se as primeiras técnicas de engenharia genética para corte de DNA.

O caráter inovador da engenharia genética estendeu-se em várias direções. Desse modo, a intervenção da biotecnologia foi além da utilização dos processos naturais dos seres vivos ou de cruzamento de plantas com características desejáveis, para a interferência direta no genoma do organismo e alteração de suas características.

A partir de 1980, cientistas desenvolveram ferramentas necessárias que possibilitavam a transferência de genes específicos de um organismo para outro, permitindo a expressão de característica desejável no organismo receptor. Essa técnica foi denominada de técnica do DNA recombinante e abriu oportunidades de transformações da qualidade de vida.

Os EUA foram os principais atores na pesquisa da nova biotecnologia. A primeira aplicação comercial desta técnica ocorreu em 1980, com a produção de insulina humana para o tratamento do diabetes.

Após 1980, importantes mudanças ocorreram em diversas áreas de pesquisa, promovendo transformações em diversos setores, devido às novas descobertas da engenharia genética no sentido de melhorar e aumentar a produção, diminuir os riscos do capital, criar condições para melhorar a vida humana e tentar sanar os problemas que a sociedade enfrenta

como doenças incuráveis, falta de qualidade de produtos e problemas da fome que assola o mundo.

Desde então, o conceito de biotecnologia tem sido aplicado ao longo do tempo, como poderá ser observado na listagem histórica a seguir de alguns marcos científicos e tecnológicos que contribuíram para o desenvolvimento da área.

Os principais eventos envolvendo a genética, a instrumentação e a molécula de DNA, são mostrados numa seqüência cronológica no **Quadro 1**. É possível verificar que, aproximadamente cem anos após as descobertas de Mendel, pode-se considerar o início da era da Moderna Biotecnologia. Aproximadamente quarenta anos depois houve a clonagem do primeiro mamífero e, só depois de cinquenta anos conclui-se o sequenciamento do genoma humano. Tais desenvolvimentos não podem ser separados dos avanços das demais áreas, tanto no sentido de suas contribuições com as ferramentas, técnicas e conhecimentos, quanto nas possibilidades de aplicações dos conhecimentos construídos na biotecnologia.

<b>Pesquisador</b>	<b>Evento Científico</b>
Robert Hooke	Primeiras observações de células ao microscópio (1665).
Robert Brown	Descobrimto do núcleo das células (1831).
Gregor Mendel	São postuladas as leis da hereditariedade: as características hereditárias são transmitidas em unidades individuais e auto-replicáveis :posteriormente denominadas genes (1865).
Friedrich Miescher	É encontrada uma nova substância orgânica, denominada nucleína e mais tarde, chamada de ácido nucléico (1869).
Walther Flemming	Os cromossomos são descobertos e seu comportamento durante a divisão celular é descrito (1882).
Thomas Morgan	A relação entre os genes e os cromossomos é estabelecida, e com isso é formulada a teoria cromossômica da herança (1915).
Oswald Avery	Alguns experimentos sugerem que as informações hereditárias não estariam guardadas nas proteínas, como se pensava na época, mas sim no DNA (1944).
Linnus Pauling	São utilizados modelos para entender a estrutura da molécula (1950).
Rosalind Franklin	São obtidas as imagens por difração de raios-X a partir das quais a estrutura do DNA foi elucidada (1950).
James Watson e Francis Crick	É desvendada a estrutura tridimensional da molécula de DNA (1953).
Matthew Meselson e Franklin Stahl	Verifica-se que o DNA se duplica de forma semiconservativa (1958).
Marshall Nirenberg e Har Khorana	O código genético é decifrado (1966).
Frederick Sanger	Um mecanismo para se conhecer a seqüência dos pares de bases do DNA é desenvolvido (1977).
Richard Palmiter e Ralph Brinster	É obtido o primeiro animal transgênico: um camundongo (1982).

Alec Jeffreys	É criada a técnica conhecida como impressão digital por DNA, a qual permitiu a identificação precisa das pessoas, contribuindo para a elucidação de vários crimes e para o desenvolvimento dos testes de paternidade pelo DNA (1985).
Ian Wilmut	Nascimento do primeiro clone de um mamífero adulto, a ovelha Dolly (1996).
Cientistas do mundo Todo	É publicada uma prévia do mapeamento do genoma humano, revelando que este é formado por aproximadamente 30 mil genes, e não 100 mil, como era até então estimado (2001).

**Quadro 1:** Cronologia das descobertas e eventos que contribuíram para o desenvolvimento da Biotecnologia.  
Fonte: Experimentoteca CDCC-USP Biologia Molecular-Histórico (2005).

Na agricultura o homem busca alternativas que permitem o aumento da produtividade da área plantada, diminuição do custo de produção e o mínimo impacto ambiental (ODA, 2003). Para isto, os agricultores tem utilizado organismos geneticamente modificados (OGMs) que oferecem uma grande variedade de aplicações e benefícios.

No setor industrial, a biotecnologia tem sido aplicada no setor da saúde e bioquímica e é utilizada na prevenção de doenças hereditárias, na correção de algumas anomalias genéticas, na produção de moléculas sintéticas capazes de agir como medicamentos, entre outros (SILVA, 2000).

Espera-se que o desenvolvimento das técnicas de clonagem poderá, no futuro, solucionar a questão da lista de espera por doadores a partir da produção em série de órgão para transplante. Ademais, por meio da tecnologia do DNA recombinante, é possível o desenvolvimento de vacinas de origem viral, bactérias e protozoários e agentes imunizantes para diversas enfermidades.

Na produção animal e microbiana, a tecnologia do DNA recombinante vem sendo utilizada para obtenção de substâncias usadas no processamento de alimentos e na obtenção de medicamentos. E, tecnologias com uso de organismos geneticamente modificados (OGM) vêm sendo utilizadas no controle de pragas, e na alteração das propriedades de plantas, como o valor nutricional, o teor de óleo, entre outros.

Além disso, os animais transgênicos são utilizados como biorreatores de proteínas de importância biomédica e para estudar o mecanismo molecular de doenças humanas, buscando progresso nos tratamentos e possíveis curas dessas doenças (VILLEN, 2000).

Essas aplicações são limitadas pelas implicações éticas e de biossegurança. Para regulamentar e fiscalizar a utilização dessa ciência no Brasil foi sancionada, em março de 2005, a Lei Federal nº. 11.105, que estabelece as normas de segurança e os mecanismos de fiscalização dos OGM's e seus derivados.

De acordo com Chopra e Kamma (2006), a biotecnologia relaciona-se à biologia sintética, que é a técnica de construção de novos sistemas biológicos que não existem na

natureza. O resultado obtido continua sendo produzido biologicamente, mas o novo organismo é produzido a partir de um código genético não encontrado na natureza.

Segundo o Conselho Argentino para a Informação e Desenvolvimento da Biotecnologia (Argenbio), o avanço obtido pela moderna biotecnologia relacionou-se à engenharia genética que beneficiou a sociedade com a produção de insulina, fabricação de alimentos e melhoramento de cultivo de vegetais.

Nodari (2006) também destaca a biotecnologia, em seu sentido amplo, como a ciência que lida com a manipulação de micro-organismos, plantas e animais objetivando obter processos e produtos de interesse social. Porém, observa que a biotecnologia moderna da engenharia genética tem um caráter de produção fronteira, implicando em possibilidade de risco para o meio ambiente.

A biotecnologia pode ser utilizada como ferramenta que permite a aquisição de novos conhecimentos científicos, com intervenção direta na reprodução animal ou vegetal e na transferência gênica.

Vários benefícios tem sido observados na utilização da biotecnologia; como o aumento da produtividade agrícola, geração de novas tecnologias de controle biológico, entre outros. No entanto, alguns questionamentos são apontados, como o apresentado por Menezes (2008) ao inferir que essas novas tecnologias requerem mais estudos e cita, por exemplo, que o uso da soja transgênica pode favorecer o surgimento de superpragas, tanto pelo processo de pressão de seleção, como também pela eliminação de insetos benéficos e de bactérias de solos.

A participação da sociedade no processo decisório de questões relacionadas com as implicações sobre essa área científica é de fundamental importância. Entretanto, somente uma sociedade esclarecida sobre essas novas tecnologias é que poderá julgá-la de forma racional. A socialização da informação é tomada como um dever de cada cidadão que detém o conhecimento científico (ODA, 2003). Temas que envolvem biotecnologia provocam na sociedade reflexão e crítica a respeito do entendimento do mundo. Esse entendimento dá-se pela educação tecnológica orientada na educação básica, para a promoção da cidadania na construção de um indivíduo tecnologicamente competente, capaz de apreciar e considerar as dimensões sociais, culturais, econômicas, produtivas e ambientais resultantes do desenvolvimento tecnológico.

Portanto, a história da biotecnologia é um rico instrumento para compreender os motivos sociais políticos e científicos que contribuíram para que essa ciência, em especial a

genética, seja tão valorizada atualmente e ocupe espaços prioritários nas agências de fomento à pesquisa e educação.

### **2.3 Educação em Biotecnologia**

É de fundamental importância, também, que a biotecnologia passe a ser um conhecimento produzido na escola no ensino da biologia numa perspectiva interdisciplinar, incorporado aos conteúdos dos currículos escolares, pois nem sempre todos os conhecimentos biológicos são desenvolvidos na escola, ocorrendo uma seleção em função dos objetivos sociais da mesma, que resultam quase sempre no ensino de conteúdos clássicos. A existência de múltiplas prioridades com relação aos temas desenvolvidos na escola torna a entrada da temática das “novidades genéticas” mais lentas em comparação a temas transversais que atende as demandas sociais que concorrem nas definições daquilo que será ensinado na escola, como a educação ambiental, a orientação sexual e sexualidade, a educação para a saúde, entre outros. É fundamental o ensino da Ciência, pois a mesma tem uma estrutura dinâmica em permanente evolução que é acompanhada por um trabalho experimental. Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2001), muitos dos trabalhos experimentais podem ajudar a diminuir as dificuldades de aprendizagem existentes, não só pela natureza da suas interpretações, mas porque permitem a discussão e o confronto de idéias. Nesse contexto, urge a elaboração de recursos educacionais para promover e disseminar os conceitos de biotecnologia de forma a apoiar o trabalho científico e pedagógico do professor em sala de aula e propiciar uma melhoria da qualidade educacional para os alunos das etapas finais da educação básica.

No Brasil, Beltramini (2008) do Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural - CBME da Universidade Federal de São Carlos não crê que a biotecnologia esteja incorporada aos estudos no ensino médio e relata que apesar dos livros didáticos tentarem mostrar as relações entre o cotidiano e a biotecnologia, a maioria dos professores, por diferentes razões, como a insegurança e a falta de domínio sobre o assunto e, até mesmo a falta de tempo em sala de aula, não dá destaque ao tema biotecnologia, não utilizando o assunto como motivador da aula para despertar o interesse do aluno. Os rápidos avanços tecnológicos obtidos pela biotecnologia muitas vezes tem limitado e restringido o acesso ao mundo escolar a estes alunos. Assim, é imprescindível a relação constante dos cientistas com professores que atuam em diferentes níveis de ensino, incluindo o universitário, para democratizar o ensino da biotecnologia na educação básica.

A biotecnologia também é uma disciplina que muitas vezes é pouco ensinada nas escolas devido aos rápidos avanços tecnológicos obtidos e o limitado e restrito acesso, por parte dos professores, a estes avanços. Desse modo, é também imprescindível que seu conteúdo seja divulgado aos professores do ensino médio através da atualização, capacitação e disponibilização de material pedagógico adequado para que possa ser trabalhado de forma eficiente no ambiente escolar.

Desta forma, a biotecnologia como objeto de ensino, pode propiciar ao aluno uma efetiva aproximação com o cotidiano. Mas, como enfatiza Amorim (2006), o estudo atual das Ciências Biológicas é envolto em pedagogias tradicionais que não sofrem o procedimento da análise e experimentação da vida cotidiana. As atividades realizadas pelos professores, como exercícios, experimentos, plenárias, vídeos, dentre outros, devem recontextualizar os conteúdos. Para essas atividades, é de fundamental importância a elaboração de novos materiais didáticos como jogos, simulações em computadores, kits de materiais práticos, cursos que levem as novas tecnologias à escola.

Segundo Marandino (2005), o conhecimento científico deve adentrar a escola não como mera simplificação do conhecimento, mas como verdadeiras criações, com o objetivo de ensino aprendizagem que leva à transformação do sujeito. Para que os alunos possam aprender ciências construindo, consolidando e articulando o conhecimento teórico-prático, o aluno tem que se envolver intelectual e emocionalmente nas diferentes etapas dos processos investigativos, fato considerado fundamental para promover imagens mais adequadas da construção e desenvolvimento científico (PEDROSA, 2001).

Segundo Miguéns (1999), os objetivos atribuídos ao trabalho prático podem ser sintetizados em cinco domínios principais: a) Promover o interesse e a motivação. b) Desenvolver kits práticos de laboratório. c) Apoiar na compreensão dos conceitos e da teoria. d) Desenvolver competências investigativas e de resolução de problemas. e) Promover a compreensão da natureza da ciência.

No entanto, observa-se que muitos trabalhos práticos desarticulados do interesse do aluno e dos problemas atuais, pouco contribuem para o processo ensino-aprendizagem da ciência. Nesse contexto, consideram-se essas atividades pouco produtivas, ou até mesmo contra produtiva, referindo-se a necessidade de orientar o trabalho prático como atividade investigativa, envolvendo identificação de problemas e sua resolução (PEDROSA, 2001). O trabalho prático de natureza investigativa contribui para o desenvolvimento de competências pelos alunos em diversos âmbitos, designadamente nos domínios conceituais de metodologias científicas, procedimentos e atitudes (DOURADO, 2006).

Muitas pesquisas realizadas em diversos países têm revelado que o ensino transmitido na escola está sendo pouco eficaz na promoção do desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes e, portanto, a maior parte do saber científico ensinado acaba sendo rapidamente esquecida (CABALLER e GIMÉNEZ, 1993; BANET e AYUSO, 1995; GIORDAN e VECCHI, 1996; BANET e AYUSO, 1998).

Estudos realizados com alunos da etapa final de educação básica identificaram que grande parte dos alunos apresenta idéias sincréticas em relação aos seres vivos e ao DNA, isto é, provém de campos de produção de conhecimentos diferentes como televisão, meio familiar, religioso, entre outros (PEDRANCINI, CORAZZA-NUNES e GALUCH. 2005).

Harms (2002) destaca a importância das escolas norte-americanas mostrarem a potencialidade que a biotecnologia moderna propicia na solução de muitos problemas da sociedade, mas acompanhada das questões éticas envolvidas nessas novas tecnologias e sugere algumas atividades práticas a serem desenvolvidas nos diferentes níveis educacionais, conforme mostra o **Quadro 2**, a seguir:

NÍVEL ESCOLAR	EXEMPLO
Ensino fundamental I (até a 4ª série)	Produção de yougurt
Ensino fundamental II (da 5ª a 9ª série)	Transformação do suco em vinho, do vinho para ácido.
Ensino médio	Hidrólise de DNA, através de enzimas de restrição e separação dos fragmentos por eletroforese-gel.

**Quadro 2:** Ensino de Biotecnologia nos diferentes níveis das escolas norte-americanas.

A European Initiative for Biotechnology Education - EIBE (2000) representa a iniciativa Européia para o Ensino da Biotecnologia, cujo projeto educacional com apoio da comissão Européia para estudo da biotecnologia tem por objetivo: fomentar capacidades; melhorar a compreensão e; facilitar o debate sobre a biotecnologia nas escolas e público europeu. Visa promover as competências, melhorar a compreensão e facilitar o debate público em toda a Europa. Fundado em 1991, EIBE tornou-se uma rede européia ativa e multidisciplinar de especialistas em educação em biotecnologia elaborado a partir de 20 centros em 17 países europeus. A principal atividade do grupo foi a de gerar material didático para jovens entre 16 -19 anos. Unidades EIBE são conjuntos de atividades, incluindo uma variedade de protocolos experimentais, atividades práticas, dramatizações, informações e debates.

As unidades temas propostas e desenvolvidas pelo EIBE são:

1. Micro-organismos e molécula

2. Perfil do DNA
3. A produção de bolachas e a biotecnologia
4. Temas de genética humana
5. Fermentação
6. Kit de modelos de DNA
7. Genética humana - debate de um dilema pessoal.
8. Imunologia prática.
9. Plantas transgênicas I
10. Plantas transgênicas II
11. Animais transgênicos.
12. Modelo do conselho europeu diagnóstico genético da pré-implantação fetal
13. O Projeto Genoma Humano
14. A Biotecnologia e os países em vias de desenvolvimento.
15. Biotecnologia: passado e presente.
16. A família E.I.B.E.
17. Educação em biotecnologia através da expressão dramática
18. O jogo das enzimas

Em Portugal, o Departamento de Botânica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (2007) em conjunto com o Curso de Pós-Graduação e financiado pela Fundação Calouste Gulbenkian, desenvolve o Projeto Biotecnologia na Escola com objetivos de implementar e dinamizar o ensino de técnicas e de aplicações da Biologia Molecular e promover o ensino voltado para a investigação científica a partir do quotidiano da sociedade. O projeto desenvolve materiais facilmente aplicáveis pelos docentes com recursos das escolas no ensino básico e secundário que correspondem aos ensinamentos fundamental e médio aqui no Brasil. Observa-se, então, uma preocupação mundial pelo ensino da biotecnologia e sua relação com a sociedade.

No Brasil, o ensino da biotecnologia na educação básica segue as orientações curriculares dos estudos das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias apresentadas pelo Ministério da educação para o ensino da biologia (BRASIL 2009). Desta forma, este presente trabalho de Proposta de Ensino em Biotecnologia - PEB para o ensino médio selecionou as estratégias para ação educativa em consonância com os parâmetros curriculares que atendiam os objetivos desta pesquisa.

Para uma melhor compreensão sobre o contexto educacional do Ensino Médio brasileiro atual, vale lembrar, conforme cita as Orientações Curriculares Para o Ensino Médio

- OCNEM (BRASIL, 2006), que o ensino da biologia foi marcado por metodologias que preparavam os alunos para os exames de ingresso aos vestibulares, em detrimento das finalidades atribuídas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional -Lei Nº 9394/96 (BRASIL, 1996) que colocava o ensino médio como parte da educação básica com o aprimoramento do educando como ser humano, na sua formação ética, no desenvolvimento de sua autonomia intelectual e pensamento crítico, na sua preparação para o mundo do trabalho e desenvolvimento de competências para continuar seu aprendizado. As diretrizes também propunham a organização curricular através de uma base nacional comum a ser complementada por um sistema diversificado que atendesse às conformidades regionais. Como desdobramentos dessas diretrizes no plano pedagógico são aprovados em 1998 as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio –DCNEM (BRASIL, 1998) que se articula em três áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias, elas também estabelecem as competências e habilidades referenciais para as propostas pedagógicas com recomendação de um trabalho interdisciplinar e contextualizado. A implantação das DCNEM nas escolas acabou não se efetivando, pois dependia de fomento na formação de professores, capacitação de gestores escolares entre outros. Em 1999 surgiram Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), em complementação às DCNEM, e fazem referências explícitas às disciplinas e seus objetivos específicos, porém, vinculadas às três áreas do saber de forma integradora. Em relação à Biologia, os PCNEM trouxeram pouca colaboração para prática pedagógica na sala de aula devido a falta de sugestões mais efetivas e reflexivas ao professor de “como fazer” e desenvolver o trabalho docente. Desde a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, vários encontros foram promovidos a fim de discutir o material. Surgiram os PCN+ em 2002 (BRASIL, 2002), como orientações complementares aos PCNEM, e os PCN em debate, em 2004, ambos disponibilizados na internet pelo Ministério da Educação-MEC.

De acordo com o MEC os PCN+ representaram um avanço ao propor sugestões de organização de aulas que vão além de múltiplas abordagens sobre os temas e permitem a criação de novas possibilidades de acordo com o perfil do aluno e da escola e de seu projeto pedagógico. O ensino da biologia, então, deve possibilitar ao aluno a participação em debates contemporâneos que demandam o entendimento de conceitos biológicos. A formação escolar do aluno deve contemplar a sua capacidade de raciocínio crítico que cotidianamente se vê diante de propagandas e campanhas das mais variadas informações e posicionamentos de tal forma que o estudante possa

se sentir confiante e capaz de opinar sobre temas polêmicos que podem interferir diretamente em suas vidas, como o uso de transgênicos, a clonagem, a reprodução assistida, entre outros.

Os PCN+ sintetizam, a título de referência, seis temas estruturadores.

- 1) interação entre seres vivos
- 2) qualidade de vida das populações humanas
- 3) identidade dos seres vivos
- 4) diversidade da vida
- 5) transmissão da vida, ética e manipulação gênica.
- 6) Origem e evolução da vida

Os temas têm a função de auxiliar o professor a organizar suas ações pedagógicas e situações de aprendizagem.

Mais recentemente, o MEC lançou as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-OCNEM (BRASIL, 2006) para uma efetiva compreensão das novas tecnologias e das relações entre Ciência-Tecnologia e Sociedade, envolvendo os conhecimentos sobre os procedimentos técnicos da biotecnologia assim como as possíveis conseqüências das aplicações e usos de tais técnicas, tanto no campo científico, quanto nas questões sobre ética e valores humanos. Nesse sentido, as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias (BRASIL, 2006, p. 24) propõem:

Estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços das técnicas de clonagem e da manipulação do DNA, considerando valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos. Trata-se da evolução sob a intervenção humana. Sobre esse tema, podem-se gerar discussões, por exemplo, em relação à seleção artificial, ao surgimento e perda de espécies e ao aumento da expectativa de vida da população humana.

No entanto, os recursos educacionais para o ensino da biotecnologia encontram-se pouco desenvolvidos e são incipientes para dar atendimento aos OCNEM, pois este estabelece as competências como finalidade educativa da educação científica para todos os jovens de escolaridade obrigatória. Isso deve ser feito através da aprendizagem ativa que implica no desenvolvimento de competências de conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes.

No ano de 2008, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo elaborou uma nova Proposta Curricular visando atender à necessidade de organização do ensino em todo o Estado, organizado por disciplinas. A Proposta Curricular de Biologia da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo-PCBSESP (2008) forneceu subsídios aos profissionais da educação para exercer um trabalho de forma articulada e integrada. Dessa forma, visa apoiar o trabalho realizado nas escolas estaduais e contribuir para a melhoria da qualidade do processo

ensino - aprendizagem dos alunos e, assim contribuir para que o aluno possa recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola e aplica-los nos desafios sociais, culturais e profissionais do mundo contemporâneo.

A PCBSESP apresentou um material de apoio na forma de Cadernos do Professor organizados por bimestre (**Anexo A**) e por disciplina contemplando conteúdos, habilidades e competências por série e orientações para a gestão da sala de aula, para a avaliação e a recuperação, como também sugestões de métodos e estratégias de trabalho nas aulas, experimentações, projetos coletivos, atividades extra classe e estudos interdisciplinares.

A PCBSESP é justificada, segundo o caderno do professor, pela exigência da sociedade do século XXI que, cada vez mais, é caracterizada pelo uso intensivo do conhecimento nas atividades profissionais de convívio social e principalmente no exercício da cidadania e cuidado do meio ambiente. A PCBSESP destaca, também, as relações existentes entre a educação e a tecnologia como uma diretriz que a LDB estabelece para orientar o currículo do ensino médio. Isto possibilita associar a compreensão dos fundamentos científicos dos processos produtivos com o relacionamento entre teoria e prática em cada disciplina apresentada no currículo. Desta forma, a Proposta de Ensino em Biotecnologia – PEB - funciona como elemento colaborador no desenvolvimento da PCBSESP, pois desenvolve habilidades na prática científica em biotecnologia por meio de atividades teórico-práticas e/ou simulações possíveis de aplicações em sala de aula e, para tanto, considera as possibilidades e as limitações das escolas em pesquisar e debater avanços biotecnológicos e suas implicações éticas na Sociedade e no Ambiente.

A pesquisa desenvolvida pela PEB também poderá contribuir no desempenho do aluno no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Das 26 mil escolas que foram avaliadas pelo ENEM 2008, 74,0% obtiveram nota abaixo da média nacional que foi de 50,52 pontos. Na rede pública, o índice de estabelecimentos com resultado inferior à média chega a 89,0% (INEP, 2008).

Estruturado de acordo com os PCNEM, o ENEM foi criado em 1998 pelo governo federal. O objetivo é verificar as competências e habilidades associadas aos conteúdos do ensino fundamental e médio. Tais habilidades e competências devem ser desenvolvidas pelo aluno na fase de desenvolvimento cognitivo correspondente ao término da escolaridade básica.

O ENEM tem por objetivos informar o estudante sobre seu próprio desempenho ao término do ensino médio, sendo, portanto, uma forma de auto-avaliação, bem como estruturar uma avaliação da Educação Básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar

aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho e aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes pós-ensino médio e ensino superior. Caracteriza-se por ser uma prova voluntária e idêntica para todos os estudantes do Brasil. É oferecida anualmente aos estudantes que estão concluindo o ensino médio ou que já o concluíram em anos anteriores. Baseia-se não em medir a capacidade do estudante de assimilar e acumular informações, mas sim, em incentivar a aprender a pensar, a refletir e, a saber, fazer. Além disso, tem como meta possibilitar a participação do estudante em programas governamentais de acesso ao ensino superior, como o PROUNI-Programa Universidade para Todos, por exemplo, que utiliza os resultados da prova como pré-requisito para a distribuição de bolsas de ensino em instituições privadas de ensino superior, dando uma grande contribuição para a construção de uma sociedade mais igualitária, pois democratiza o acesso ao ensino superior, o que tende a minimizar a diferença entre as classes sociais existentes no Brasil. Ao contrário das provas de vestibulares, o ENEM valoriza a compreensão e a interpretação de textos, trazendo mais questões de raciocínio e lógica do que de conhecimentos específicos.

A intenção da prova é avaliar as habilidades dos candidatos no que diz respeito às funções da linguagem humana, a compreensão de opiniões divergentes, a percepção de mudanças históricas e geográficas e ao entendimento sobre o meio ambiente, entre outros. Além disso, a prova é totalmente contextualizada, voltada para os acontecimentos da atualidade, fazendo com que o aluno pense, raciocine e formule respostas de acordo com o que aprendeu e vivenciou.

Diante dos aspectos propostos, as atividades desenvolvidas pela PEB constituem uma ferramenta de apoio condizente com a proposta curricular estadual. Também contempla os conteúdos e **algumas** competências a serem desenvolvidos pela educação básica e avaliados na prova do ENEM como apresentadas na Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL- MEC, 2009):

- Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

- Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.

- Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

- Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

- Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

A literatura no Brasil sobre ensino de biotecnologia é pobre (MARTINS, 2005). Portanto, é oportuna e necessária a organização de uma proposta que possa ser incorporada na prática educacional de nossas escolas, considerando as imensas dificuldades e carências, tanto materiais, equipamentos, espaços, insumos como em capacitações e atualizações da prática docente. Observou-se que apesar da implantação dos cadernos curriculares pela Secretaria Estadual de Ensino de São Paulo que contemplam temas de biotecnologia propostos pelos PCNs, os alunos pouco conhecem o assunto e, possivelmente, muitos professores também, conforme indica Guimarães (2008). Isso resulta em dificuldades ou até mesmo na ausência de ensinamentos de temas relacionados à biotecnologia. Wuo (2009) também aponta que o sistema educacional brasileiro apresenta problemas de ordem estruturais decorrentes da ausência de comprometimento político. Isso é facilmente percebido pelas precárias condições físicas das escolas e problemas pedagógicos relacionados com a deficiência na formação dos educadores. Essa situação resulta na fragmentação e insuficiência de domínio dos conteúdos das disciplinas e acabam levando à inadequação na seleção e no desenvolvimento desses conteúdos.

O baixo desempenho do Brasil no exame de ciências do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) de 2006 coloca o país numa situação educacional muito pouco cômoda. De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP-2006), órgão do Ministério da Educação (MEC) responsável pela prova no Brasil, o PISA é um programa internacional de avaliação educacional organizado pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) que se propõe a fazer uma avaliação do desempenho dos estudantes de 15 anos de idade para obter indicadores relativos aos sistemas educacionais dos países participantes. Pela avaliação, o Brasil ocupa uma das últimas posições do ranking internacional com 57 países no ensino de ciências. Atrás do Brasil, estão apenas a Colômbia, Tunísia, Azerbaijão, Qatar e Quirguistão.

Desta forma, o Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UMC que compõe um elenco restrito de pesquisas com expressão nacional, vem de forma oportuna, paralelamente com os avanços na produção técnica de conhecimentos, colaborar com o desenvolvimento educacional, uma vez que tais conhecimentos poderão propiciar um melhor entendimento sobre a biotecnologia e sobre as inúmeras questões que dela suscitam, como as questões éticas

e as tomadas de posições dentro de uma perspectiva que favoreça a percepção das relações entre conhecimento, produção de tecnologia e condições de vida.

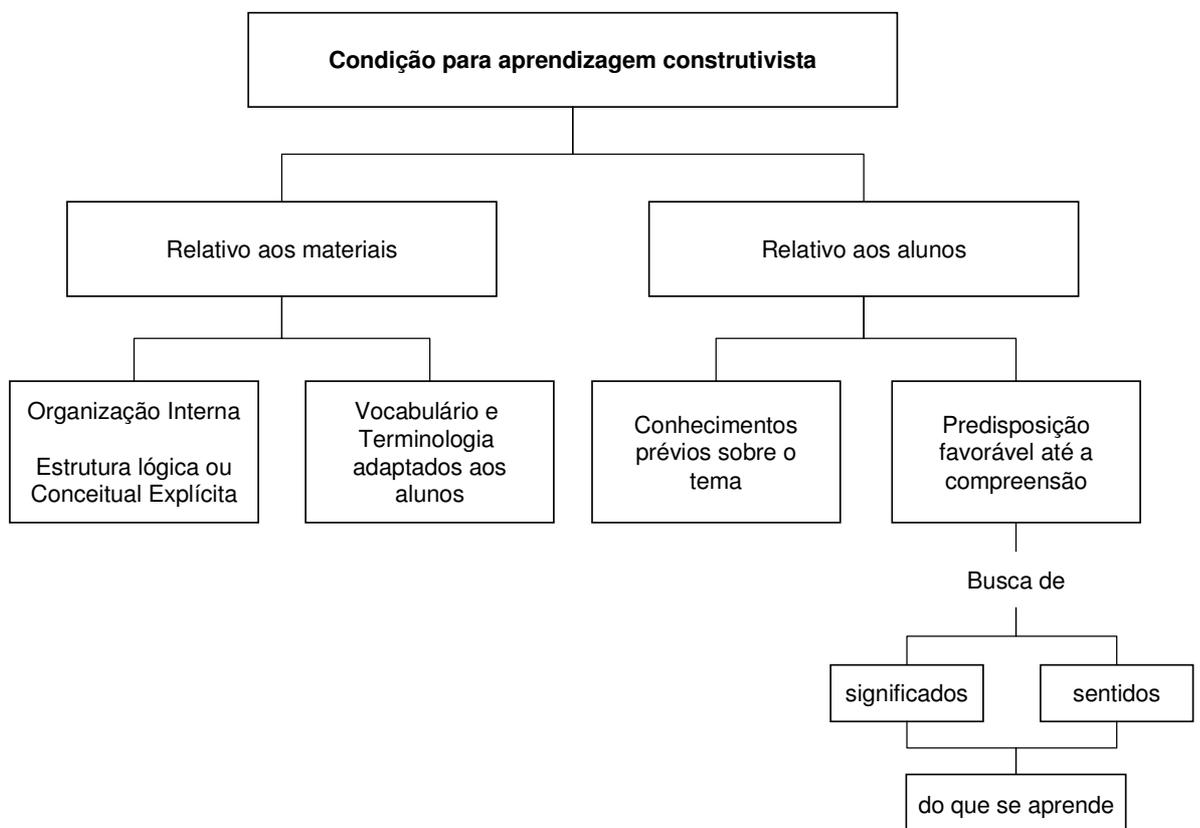
## **2.4 O Construtivismo como Fundamentação do Processo Ensino-Aprendizagem.**

Para Municio e Crespo (1998), o desenvolvimento de atitudes não tem ocupado a posição central nos currículos, assim como os conhecimentos sobre os procedimentos não tem se constituído objetivos principais no ensino de ciências. Antes, e tradicionalmente, o ensino de ciências tem, quando muito, transmitido *corpus* conceituais e modelos de teorias de interpretação da natureza, notadamente de cunho *verbal* e predominado pelo *explicar*. Desconsideram ainda a ciência como um conhecimento construído num processo histórico-social. Considerando que os conhecimentos e as demandas formativas evoluem e mudam com rapidez é necessário o desenvolvimento de capacidades de aprendizagem flexíveis, eficazes e contextualizadas que permitam aos alunos adaptação às futuras demandas de habilidades e de conhecimentos. Dada à característica multidisciplinar da biotecnologia, há necessidade de fundamentar uma proposta educacional que permita ao aluno aprendiz a construção própria de seus conhecimentos como resultado da interação de fatores sócio-cognitivos e ambientes que propicie a aprendizagem no dia-a-dia. Esse processo de construção de conhecimentos pelo aluno pressupõe uma estrutura de esquemas que permita o estabelecimento de relações com o meio. Segundo Carretero (1997), os esquemas são construções de representações de fenômenos, de processos ou de objetos caracterizados por uma situação concreta ou de um conceito, que permitem o manejo e aplicação para o enfrentamento de situações similares ou semelhantes na realidade.

Portanto, é lícito inferir que a apreensão dos conhecimentos e entendimento dos processos, dos conceitos e das relações que forjam a ciência biotecnologia, oriunda como produto de complexas interações das mais diversas áreas e com perspectivas de avanços, só é possível com a construção de esquemas cognitivos que conduzam à proficiência e à autonomia dos alunos. Entendimento, como discutido por Woolfolk (2000), é um processo cognitivo que permite ao indivíduo a aquisição e aplicação de conhecimentos, habilidades e conceitos em situações diversas, assim como ser capaz de explicar, encontrar evidências e exemplificar. A aquisição de entendimentos permite ao indivíduo dotar de significados um conceito, um material ou uma informação e traduzir esse significado com suas próprias palavras (MUNICIO e CRESPO, 1998).

Esse processo de aquisição de entendimentos exige procedimentos adequados e devidamente estruturados para que se alcance a *aprendizagem significativa* proposta na teoria construtivista formulada por Ausubel (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1978), assim como também a construção de esquemas ou *mapas conceituais* propostos na teoria do construtivismo humano por Novak (MINTZES; WANDERSEE e NOVAK, 2005).

Os procedimentos de ensino, com objetivos de produzir uma aprendizagem construtivista, devem atender a determinadas condições conforme apresentadas na **Figura 3** abaixo:



**Figura 3:** Condições e requisitos para produzir aprendizagem construtivista – adaptado.  
Fonte: Municio e Crespo (1998).

A apresentação do modelo construtivista de aprendizagem nesta PEB traz algumas reflexões:

- sobre o papel da escola como espaço social que tem como função específica possibilitar aos educandos a apropriação de conhecimentos científicos que colabora para a formação de sujeitos críticos e conscientes, voltados para a transformação social.

- sobre os desafios inerentes à natureza do exercício do magistério ou prática docente ao entender que o conhecimento de um modo geral acontece na interação constante entre o aluno e o objeto a ser conhecido, tendo o professor como mediador neste processo.

- sobre a quebra de paradigmas educacionais.

Na visão de Freire (1996), o educador desde o princípio da vida acadêmica, como sujeitos também da produção do saber, deve reconhecer que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção.

Ao professor é atribuído o importante papel de mediador, facilitador do processo de ensino-aprendizagem, isto é, o de criar as condições necessárias e adequadas de construção e apropriação do conhecimento pelos alunos e, conforme Martins (2005), o ensino com pesquisa desenvolve no aluno uma cultura científica escolar necessária, com conhecimento diferenciado, tanto daquele do cotidiano como do propriamente científico.

Por esses motivos, são necessárias transformações urgentes na concepção e nos métodos de ensino-aprendizagem. A escola deve estimular a maior participação do estudante nas atividades gerais que envolvem o seu dia-a-dia e não apenas as atividades conteudistas. É preciso que o processo educativo seja agradável e significativo, privilegie a expressão e a comunicação de todos os participantes, promova o encontro, a convivência e a cooperação.

Porém, para uma efetiva aplicação da proposta pedagógica de aprendizagem significativa, há necessidade de maior reflexão e capacitação que promova o entendimento e prática docente sobre o tema, pois muitos professores apresentam uma representação de construtivismo fragmentada, sendo que cada um enfatiza apenas aspectos isolados da teoria. Machado (2007), em sua pesquisa sobre representações sociais de construtivismo entre alfabetizadores, indicou que os resultados revelam uma representação social de construtivismo centrada em respeito ao universo sócio-cultural do aluno e mudança no papel do professor frente ao processo ensino aprendizagem, o qual assume o papel de mediador. Para o pesquisador, trata-se de um discurso apenas ancorado, uma vez que os professores apontam a necessidade de misturar as duas abordagens (construtivista e tradicional) como solução para obter êxito na prática docente.

Frente a esta realidade educacional, a PEB, através do trabalho em grupo e estudos recíprocos, análise de textos contextualizados e realização de atividades práticas, funcionou como elemento colaborador e facilitador do processo ensino e aprendizagem em biotecnologia, suportada no ensino construtivista, mas que poderá ser utilizada por qualquer escola, mesmo que dominadas por uma concepção pedagógica tradicional. Isso pode ser feito

de forma integral ou utilizando-se parte das atividades que estejam mais adequadas ao programa de ensino desenvolvido na escola.

## 2.5 Bases Legais da Biotecnologia

O Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior considera a biotecnologia, na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior - PITCE, como uma das áreas portadoras de futuro.

Uma das medidas propostas na política para dinamizar o segmento da biotecnologia, foi a criação de um Fórum de Competitividade, com o objetivo de elaborar uma proposta de política industrial para a biotecnologia que culminou com o Decreto nº. 6041 de 08 de fevereiro de 2007 (BRASIL, 2007). Este decreto apresenta áreas setoriais priorizadas na Política de Desenvolvimento da Biotecnologia e cria o Comitê Nacional de Biotecnologia, disponibilizado no site do Ministério da Ciência e Tecnologia.

O Comitê Nacional de Biotecnologia será assessorado pelo Fórum de Competitividade de biotecnologia e por órgãos colegiados do governo federal, incluindo a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, a Comissão Nacional de Biodiversidade - CONABIO, o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético - CGEN, o Conselho Nacional de Saúde - CNS e o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - CONSEA que poderão propor ações consideradas relevantes para o aperfeiçoamento da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, bem como por outros órgãos e colegiados do Governo Federal, a critério do Comitê.

A participação dos vários setores da sociedade civil será assegurada na composição do Fórum de Competitividade de Biotecnologia.

O documento anexo apresentado na Política de Desenvolvimento da Biotecnologia destaca a importância do processo educacional para reformular o ensino de matemática, ciências experimentais, ambientais e empreendedorismo, desde o ensino fundamental. Também reformula os modelos de currículos de graduação e pós-graduação em Ciências da Vida, contemplando a necessidade multidisciplinar e interdisciplinar do aprendizado e do treinamento.

O **Quadro 3**, a seguir, fornece um panorama da legislação sobre biotecnologia disponibilizado no site do Ministério de Ciência e tecnologia e no CTNBio.

1. Lei nº 8.974, de 05 de janeiro de 1995.
Regulamenta os incisos II e V do parágrafo 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas para o uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, autoriza o Poder Executivo a criar, no âmbito da Presidência da República, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, e dá outras providências.
2. Decreto 1.752, de 20 de dezembro de 1995.
Regulamenta a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, que dispõe sobre a vinculação, competência e composição da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CNTBio, e dá outras providências. NOTA: Link com base no site do Senado Federal.
3. Decreto nº 2.577, de 30 de abril de 1998.
Dá nova redação ao artigo 3 do Decreto nº 1.752, de 20 de dezembro de 1995, que regulamenta a Lei nº 8.974, de 05 de janeiro de 1995, que dispõe sobre a vinculação, competência e composição da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.
4. Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999.
Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências.
5. Lei nº 10.196, de 14 de fevereiro de 2001.
Altera e acresce dispositivos à Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, e dá outras providências.
6. Lei nº 10.603, de 17 de dezembro de 2002.
Dispõe sobre a proteção de informação não divulgada submetida para aprovação da comercialização de produtos e dá outras providências.
7. Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003.
Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis.
8. Decreto nº 5.950, de 31 de outubro de 2006.
Regulamenta o art. 57-A da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, para estabelecer os limites para o plantio de organismos geneticamente modificados nas áreas que circundam as unidades de conservação.

**Quadro 3:** Legislação sobre Biotecnologia

Fonte: Brasil-Ministério de Ciência e Tecnologia (2009).

A CTNBio é uma instância colegiada multidisciplinar, criada através da lei nº 11.105, de 24 de março de 2005, cuja finalidade é prestar apoio técnico consultivo e assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa a OGM, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos.

O Decreto nº 6041 destaca, também, o diferencial competitivo do Brasil para o desenvolvimento da biotecnologia em relação a sua biodiversidade com cerca de 200 mil espécies de plantas, animais e microorganismos já registrados. Estima-se que este número possa chegar a um milhão e oitocentas mil espécies, representando cerca de um quinto de toda

a biodiversidade mundial, distribuída em seis biomas (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa), além da Zona Costeira e Marinha.

Outro importante documento legal é o Decreto de 4 de Janeiro de 2008, que institui o Comitê Interministerial para coordenar a implementação do projeto "Centro de Biotecnologia da Amazônia - CBA", e dá outras providências (CBA-LEGISLAÇÃO, 2008).

Considerada a diversidade genética e bioquímica presente neste patrimônio natural, depara-se com um universo de oportunidades para a inovação biotecnológica com uma distribuição regional diferenciada desta biodiversidade que cria oportunidades para um desenvolvimento econômico que valoriza as especificidades locais, capazes de estruturar arranjos produtivos sustentáveis baseados em aplicações biotecnológicas.

Dessa forma é fundamental estar atento aos desafios decorrentes das novas tecnologias, de forma que seja assegurado à sociedade brasileira que o desenvolvimento da biotecnologia, em todas as suas fases, se dará sob a estrita observância de questões de natureza ética, de biossegurança, tanto em tecnologias voltadas à saúde humana, como ao meio ambiente.

O fundamento básico da biossegurança é estudar, entender e tomar medidas para prevenir os efeitos adversos da moderna biotecnologia, sendo prioritário proteger a saúde humana, animal e o meio ambiente, para assegurar o avanço dos processos tecnológicos.

No Brasil, a legislação de biossegurança engloba basicamente a tecnologia de Engenharia Genética — que é a tecnologia do DNA ou RNA recombinante - estabelecendo os requisitos para o manejo de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), para permitir o desenvolvimento sustentado da biotecnologia moderna.

O órgão brasileiro responsável pelo controle das tecnologias de OGMs é a CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, 2006). A CTNBio é responsável pelas emissões de pareceres técnicos sobre qualquer liberação de OGMs no meio ambiente e acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico na biossegurança e áreas afins. O órgão tem o objetivo de promover uma segurança aos consumidores e à população em geral, com permanente cuidado à proteção ambiental.

O presente trabalho apresenta alguns aspectos mais relevantes do arcabouço jurídico que estabelece a normatização e mecanismos de controle sobre as atividades relacionadas aos OGMs, bem como o órgão que tem zelado pela análise e cumprimento destas normas, a CTNBio.

É necessário prover a sociedade com informações mais claras e precisas sobre os OGMs, para que cada cidadão possa decidir sobre a conveniência de sua utilização e/ou consumo.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Construir, aplicar e avaliar atividades teórico-práticas de ensino em biotecnologia para alunos da rede oficial da educação básica do ensino médio, como material didático complementar para a utilização na sala de aula e que possibilitem um ambiente de aprendizagem que favoreça a compreensão da biotecnologia e suas tecnologias como ciência produzida pelos seres humanos e que interferem no contexto de vida da humanidade.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- a) Selecionar e organizar informações relevantes sobre as inovações científicas e tecnológicas para transposição didática em sala de aula;
- b) Disponibilizar aos alunos e professores materiais didáticos atuais, contendo temas de destaque em genética e biotecnologia como recursos pedagógicos auxiliares;
- c) Diagnosticar o grau de dificuldade dos alunos no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos hábitos e habilidades em biotecnologia.
- d) Contribuir para a melhoria do ensino na área de biotecnologia, através da elaboração e disponibilidade de um material didático complementar.

## 4 MÉTODO

### 4.1 Participantes

#### a) Organização dos grupos de pesquisa

Participaram desta pesquisa como voluntários 72 alunos de 3<sup>as</sup> séries do Ensino Médio de três escolas da Rede Estadual de Educação do Estado de São Paulo, localizadas em regiões periféricas dos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Paulo e que atendem comunidades consideradas de nível socioeconômico baixo. As três escolas, designadas como A, B e C não possuem laboratórios em funcionamento para aulas práticas ou espaços adequados ou adaptados para tais atividades.

A distribuição das 3<sup>as</sup> séries, as participações nas etapas da pesquisa, as respectivas siglas de identificação e aplicação de pré e pós-testes, são apresentadas no **Quadro 4**.

Escola	Identificação/Siglas		Pré Teste	Pós Teste
	Com Atividades PEB	Sem Atividades		
A	ACA	ASA	Sim	Sim
B	–	BSA	Não	Sim
C	–	CSA	Não	Sim

**Quadro 4:** Identificação e siglas das Escolas de Ensino Médio participantes da pesquisa

As atividades do Programa de Ensino de Biotecnologia (PEB) foram aplicadas em uma classe da escola A identificada pela sigla “ACA” – escola A Com Atividade – a outra classe da mesma escola na qual não foram aplicadas as atividades foi identificada pela sigla “ASA” – escola A Sem Atividade. Nas classes das escolas B e C, identificadas pelas siglas BSA e CSA, respectivamente, também não foram desenvolvidas as atividades da PEB. Os termos grupos ou classes serão utilizados como sinônimos. A escolha da escola “A” se deu após o contato com várias escolas e apresentação da proposta pedagógica da pesquisa. A escola demonstrou bastante interesse em receber inovações tecnológicas que pudessem beneficiar a aprendizagem e atualização dos alunos. A escola não dispõe de laboratório para atividades práticas e somente no ano de 2009, a mesma recebeu material audiovisual, como Data show e um pequeno espaço para funcionar como sala de informática, a qual contém 12 computadores que podem ser utilizados fora do horário de aula se previamente agendados. A escola possuía um retro projetor e uma sala de vídeo com mesas e cadeiras plásticas, um

televisor de 29 polegadas e um aparelho de DVD que, em março de 2009, foi transformada em sala de aula. Na ocasião também necessitava de agendamento prévio para ser utilizada.

O grupo ASA foi considerado como **grupo de referência** para comparações entre os conhecimentos adquiridos no grupo ACA. Os grupos BSA e CSA serviram como referência para comparações com os conhecimentos adquiridos pelos grupos ASA e ACA da escola A.

Os conteúdos sobre biotecnologia e suas relações foram desenvolvidos em aulas e tratados de maneira considerada tradicional nos grupos ASA, BSA e CSA, seguindo a Proposta Curricular de Biologia da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (PCBSESP).

Foram acrescentados às siglas dos grupos ASA e ACA os números 1 e 2 para identificar a submissão aos **pré e pós-testes**, conforme mostra o **Quadro 5**. Nos grupos BSA e CSA, sem atividades, submetidos somente ao pós-teste as siglas foram mantidas.

Grupos	Identificação/Siglas	
	Pré-Teste	Pós-Teste
ASA	ASA1	ASA2
ACA	ACA1	ACA2
BSA	–	BSA
CSA	–	CSA

**Quadro 5:** Identificação e siglas das classes submetidas ao pré-teste e pós-teste.

Os alunos das Escolas B e C, avaliados somente no pós-teste, permitiu situar o nível dos conhecimentos de alunos de três escolas das diferentes regiões com propósitos de analisar comparativamente a qualidade do processo de ensino-aprendizagem da escola envolvida na pesquisa. Não foi objetivo desta pesquisa identificar ou analisar a eficiência das práticas pedagógicas e as condições de ensino nas Escolas B e C. Assim, os resultados dos pós-teste dos grupos ASA2, BSA e CSA permitiram uma comparação mais ampla com os resultados dos pós-teste do grupo ACA2 submetido a PEB.

De acordo com a Proposta Curricular de Biologia da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, os temas sobre biotecnologia devem ser tratados inicialmente na 2ª série do ensino médio (**Anexo A**).

#### **b) Alunos voluntários participantes**

Dentre todos os 72 participantes de todas as Escolas que participaram da pesquisa, observou-se predomínio da idade de 17 anos com 41 participantes (56,9%), seguida pela idade de 16 anos com 22 participantes (30,6%), sendo que as demais idades de quinze, dezoito e dezenove anos de idade, somaram nove participantes (1,25%). A distribuição das frequências entre as idades de 15 a 19 anos, como mostrado na **Tabela 1**, é estatisticamente significativa ( $\chi^2_o = 112,633$ ,  $\chi^2_c = 9,488$ ,  $p = 0,0001$  para  $gl = 4$  e  $p \leq 0,05$ ). O predomínio da idade de 17 anos observado em todas as turmas estudadas é considerado adequado para as séries finais da educação básica. (INEP - Censo escolar. 1998).

As comparações entre as distribuições de frequências das idades em todas as escolas também foram significativas, tanto para o sexo masculino, como para o sexo feminino.

**Tabela 1:** Distribuição dos participantes por série, idade e sexo.

Idades	ACA		ASA		BSA		CSA		Total									
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino										
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%								
15	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	25,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,4
16	3	50,0	3	33,3	5	45,5	3	75,0	1	12,5	7	63,6	0	0,0	0	0,0	22	30,6
17	3	50,0	5	55,6	4	36,4	0	0,0	6	75,0	4	36,4	11	78,6	8	88,9	41	56,9
18	0	0,0	1	11,1	2	18,2	0	0,0	1	12,5	0	0,0	1	7,1	1	11,1	6	8,3
19	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	14,3	0	0,0	2	2,8
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>100,</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>72</b>	<b>100</b>

## 4.2 Organização das atividades da Proposta de Ensino de Biotecnologia – PEB

A Proposta de Ensino de Biotecnologia (PEB) foi elaborada a partir das orientações e recomendações da Proposta Curricular de Biologia da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (PCBSESP, 2008) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais +(PCN+) do MEC, (BRASIL, 2002)

As atividades que compõem a PEB envolveram a formação e aplicação de conceitos sobre fundamentos da biotecnologia. Nos conceitos foram incluídos os temas sobre núcleo celular, cromossomo, DNA, código genético, processos de duplicação do DNA e RNA e suas relações com a síntese de proteínas e mutação. Quanto às aplicações foram incluídas

atividades sobre micro-organismos, teste de paternidade com DNA, transgênicos, clonagem, células tronco e questões éticas distribuídas em 9 temas:

**Tema 1:** “Biotecnologia” (Apêndice A)

**Tema 2 :** “Simulação da estrutura e função do DNA/RNA” (Apêndice B)

**Tema 3:** “Extração do DNA” (Apêndice C)

**Tema 4:** “Síntese de Proteínas” (Apêndice D)

**Tema 5:** “Cromossomo e divisão celular” (Apêndice E)

**Tema 6:** “Cariótipo: O estudo dos cromossomos” (Apêndice F)

**Tema 7:** “Teste de Paternidade” (Apêndice G)

**Tema 8:** ”Bactérias e Fungos” (Apêndice H)

**Tema 9:** “Transgênicos e Bioética” (Apêndice I)

Os temas, as atividades, as estratégias e métodos de ensino e o número de aulas destinadas ao desenvolvimento de cada tema são apresentadas no **Quadro 6**. Os protocolos das atividades são apresentados nos **Apêndices**.

<b>Tema</b>	<i>Atividade</i>	<i>Estratégia/Método</i>
<b>1</b> Biotecnologia 01 aula	1. Conhecendo a Biotecnologia	▪ Leitura do texto inicial: Biotecnologia e levantamento das concepções dos alunos: estudo em grupo
	2. Biotecnologia: Histórico e aplicações	▪ Leitura do texto: Biotecnologia-Histórico: apresentação da definição de Biotecnologia e sua aplicação; estudo em grupos.
<b>2</b> Estrutura da Molécula de DNA 03 aulas	1. A molécula de DNA	▪ Leitura do texto: Um pouco da história do DNA/RNA e levantamento das concepções dos alunos: estudo em grupo. ▪ Registro escrito
	2. A relação entre DNA e código genético	▪ Leitura e discussão do texto: Estrutura do DNA e Código genético ▪ Discussão em grupo
	3. Construção da molécula do DNA	▪ Leitura do texto: Os componentes da molécula de DNA ▪ Simulação da molécula do DNA: apresentação do material ▪ Leitura das informações científicas para montagem do DNA. ▪ Apresentação tridimensional dos modelos de DNA
	4. Exercícios adaptados do ENEM	▪ Resolução de exercícios e atividades interativas.
<b>3</b> Localização e Obtenção de DNA 02 aulas	1. A organização do material genético	▪ Estudo dirigido: DNA e cromossomos
	2. A extração do DNA da banana	▪ Apresentação do material: Kit de extração de DNA ▪ Leitura do procedimento: Preparação do material ▪ Visualização do DNA. ▪ Discussão e registro escrito.

<p><b>4</b> DNA e as proteínas 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> A relação DNA-Gene e produção de proteínas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura em sala: - Síntese de proteínas: Transcrição e tradução</li> <li>▪ - Composição das proteínas com uso do retro projetor</li> </ul>
	<p><b>2.</b> Proteínas e código genético</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simulação da síntese de proteínas: exercício em grupo.</li> <li>▪ Leitura em grupos: Mutações gênicas</li> </ul>
	<p><b>3.</b> Exercícios</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resolução de exercícios e atividades interativas.</li> </ul>
	<p><b>4.</b> Vídeo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Filme: DNA E síntese de proteínas. Discussão em classe</li> </ul>
<p><b>5</b> Cromossomos e divisões celular 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> As células e os cromossomos-divisão celular</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura em grupo: “Um pouco da história da célula”.</li> <li>-Questão inicial: <i>Como a célula se divide?</i></li> <li>-Formulação de hipótese pelos alunos</li> <li>-Registro escrito e discussão em sala de aula dos principais conceitos da divisão celular</li> <li>▪ Exercícios em grupo: Identificando a mitose e a meiose.</li> </ul>
	<p><b>2.</b> As células e os cromossomos-variação gênica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discussão em classe: Origens da variação gênica</li> <li>▪ Apresentação do vídeo: DNA a molécula da vida.</li> </ul>
<p><b>6</b> Cariótipo: o estudo dos cromossomos 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> Número de cromossomos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observação e discussão do quadro de genomas de diferentes espécies</li> </ul>
	<p><b>2.</b> A construção de idiogramas em grupos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definição de idiogramas-cariótipo: aconselhamento genético</li> <li>▪ Construção de idiograma: apresentação do material e roteiro de montagem e execução.</li> </ul>
	<p><b>3.</b> Idiogramas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exercícios: síndromes cromossomiais e diversidade cromossômica.</li> </ul>
<p><b>7</b> Teste de paternidade 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> Conhecendo o Teste de Paternidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura em sala: “Fragmentos de noticiários variados sobre Teste de DNA “ com uso do retro projetor.</li> <li>-Situação problema: <i>Como é feito o teste de paternidade?</i></li> <li>-Formulação de hipótese pelos alunos</li> <li>▪ Leitura em grupos: Teste de DNA.</li> </ul>
	<p><b>2.</b> Teste de paternidade e identificação de pessoas-atividade em grupos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exercícios: Recebendo os fragmentos de diferentes pessoas:</li> <li>- identificando o criminoso</li> <li>-identificando o pai</li> </ul>
<p><b>8</b> Bactérias e Fungos 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> Conhecendo: Bactérias, fungos e vírus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discussão em classe das principais propriedades destes microorganismos e sua relação com a Biotecnologia.</li> </ul>
	<p><b>2.</b> Bactérias e produção de alimentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análise dos conteúdos informativos das embalagens de diferentes potes de iogurte.</li> </ul>
	<p><b>3.</b> Fungos e simulação da fabricação do pão em grupos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura e discussão em sala: Fungos e produção de alimentos:</li> <li>-Apresentação do material e procedimento.</li> <li>-Observação dos resultados.</li> <li>-Formulação de hipótese pelos alunos para o processo de fermentação</li> <li>▪ Registro e apresentação das conclusões.</li> </ul>
<p><b>9</b> Transgênicos e Bioética 02 aulas</p>	<p><b>1.</b> Questões éticas em Biotecnologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análise de material de pesquisa dos alunos em grupos e de alguns conceitos em Bioética.</li> </ul>
	<p><b>2.</b> Clonagem, Células-tronco e Organismos Transgênicos: Discussão</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ensino recíproco e apresentação das conclusões.</li> </ul>

**Quadro 6:** Roteiro dos temas, atividades e estratégias e métodos de ensino.

### 4.3 Instrumento de coleta de dados

Foi construído um questionário contendo 45 questões (**Apêndice J**) sendo 25 abertas e 20 fechadas, agrupadas de acordo com os nove temas propostos nas atividades (**Apêndice A ao I**). As dimensões, as variáveis e os tipos de questões são apresentadas no **Quadro 7**.

Dimensões	Variáveis	Questões	
		Fechadas	Abertas
a) Identificação	idade, sexo e série	2	1 e 3.
b) Conhecimentos e fontes de informações sobre DN e Proteínas	Estrutura, função e localização do DNA; Produção de proteínas, mutação e teste de paternidade	4, 5, 6, 10, 12, 14 e 16	7, 8, 9, 13, 15 e 17.
c) Conhecimentos sobre microorganismos	Bactérias, fungos, produção de alimentos	20 e 23	18, 19, 21, 22 e 24.
d) Conhecimentos sobre Biotecnologia	Conceito, ensino e aplicação	29, 31 e 33	26, 27, 28, 32, 34 e 45
e) Conhecimentos sobre transgênicos	Produção, aplicação e consumo	38 e 39	36, 37, 40 e 41.
f) Conhecimentos sobre Bioética	Conceitos, questões éticas	42	43.

**Quadro 7:** Distribuição das questões abertas e fechadas do pré-teste.

### 4.4 Procedimentos de coleta dos dados

Primeiramente, o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (**Anexo B**), processo 100/2007, CAAE: 0101.0.237.000-07, aprovado no dia 30/10/2009.

Os questionários e os procedimentos para as aplicações foram submetidos à apreciação e análise das Direções das Escolas A, B e C e, para a Direção da Escola A, também foram submetidas as atividades da PEB e seus desdobramentos. Todos os procedimentos foram aprovados pelas respectivas Escolas com as definições de datas e períodos para a aplicação da PEB e dos questionários em todas as Escolas.

As atividades e os procedimentos foram devidamente explicados para os professores de biologia da Escola A os quais acompanharam o desenvolvimento de todas as etapas da aplicação da PEB.

Os objetivos da pesquisa também foram explicados aos alunos e pais, esclarecendo que a participação era voluntária, não implicaria em atribuição de notas ou conceitos no

sistema de avaliação da Escola. Os pais foram convidados a assinar um termo autorizando seus filhos a participarem da PEB e responderem os questionários, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ambos em duas vias de igual teor, permanecendo uma via com os pais.

O primeiro pré-teste foi aplicado em novembro de 2008 para alunos da 3ª série do ensino médio da Escola “C” e funcionou como calibrador do tempo necessário para responder o questionário e eventuais dificuldades, adequação dos temas e ajustes necessários.

Segundo Haydt (1998), um questionário de avaliação pré-teste é o preparo antecipado de um teste com objetivo de verificar os conhecimentos gerais do aluno sobre um determinado tema e serve com uma abordagem diagnóstica do mesmo.

Durante o mês de junho de 2009, após as aprovações e autorizações, foi aplicado na escola A, eleita para as atividades da PEB, o questionário como pré-teste com a finalidade de se verificar os conhecimentos prévios dos alunos em temas de biotecnologia. Os questionários foram aplicados nos grupos ACA e ASA pelo autor, no período da manhã, com a utilização de 1 hora-aula.

Após a finalização da PEB no mês de setembro, foi aplicado pelo autor utilizando-se uma hora-aula, o pós-teste na escola A, nos grupos ACA e ASA, para verificar e comparar os possíveis ganhos de aprendizagem. O pós-teste apresentou as mesmas questões do pré-teste e somente foi acrescentado espaço para comentários e sugestões e uma questão para detectar se os alunos já realizaram alguma atividade experimental na escola.

Também foram aplicados pelos professores de biologia com utilização de 1 hora-aula, no mesmo período de setembro, questionários do pós-teste para alunos das escolas B e C, com objetivo de comparar os resultados de aprendizagem sobre biotecnologia em diferentes regiões e destacar a relevância do projeto de pesquisa aplicado na construção efetiva do conhecimento em biotecnologia.

#### **4.5 Desenvolvimento das Atividades em Biotecnologia**

A aplicação das atividades para o desenvolvimento dos temas escolhidos utilizou três dias, totalizando 18 aulas desenvolvidas na própria sala de aula e, em alguns momentos, foi necessário o espaço da sala de vídeo. Os 15 participantes foram distribuídos respeitando a sugestão da formação de grupos de 3 alunos. O método utilizado na abordagem dos temas foi o de trabalho em grupo, sob a orientação do professor, que teve a função de introduzir a atividade através de questionamentos sobre o assunto e da complementação com informações científicas, auxiliares no alcance dos objetivos da mesma.

Para o tema 1: 'Biotecnologia', foram desenvolvidos os seguintes conteúdos:

- Principais conceitos sobre biotecnologia e suas aplicações.
- Histórico da biotecnologia: importância socioeconômica
- Biotecnologia clássica e biotecnologia moderna.
- Descoberta da estrutura do DNA e a biotecnologia
- Impactos das novas tecnologias para a humanidade.

No primeiro dia, após a formação dos grupos, foi distribuído a cada grupo um texto para estudo dirigido sobre o primeiro tema: "Biotecnologia (**Apêndice A**) e sua aplicação". Foi apresentado um pequeno texto introdutório sobre a biotecnologia e sua relação interdisciplinar com as várias áreas do saber. A seguir, os alunos em grupo puderam refletir sobre a biotecnologia e sua aplicação. Este momento inicial da pesquisa permite ao educador um diagnóstico em relação ao levantamento das concepções prévias dos alunos e é de grande importância para se conhecer aquilo que os alunos trazem para a sala de aula e que termina por influenciar significativamente o que os professores pretendem ensinar.

O mapeamento das concepções prévias acerca de uma temática é valioso ao permitir dar visibilidade aos mitos que, por vezes, os alunos constroem em torno da própria ciência. Além disso, revelam dúvidas e incertezas, bem como, certezas relativas a conceitos científicos que devem ser mobilizados pelos alunos na explicação de determinadas situações que lhes são propostas.

Após a reflexão em grupo e apresentação de dúvidas iniciais, foi fornecido aos grupos um texto apresentando uma retrospectiva histórica sobre a biotecnologia, na qual se buscou uma visão simplificada de seu significado e abrangência e, através de discussões coletivas, os jovens estudantes puderam compreender as inter-relações entre o entendimento científico da biotecnologia e as mudanças tecnológicas e o impacto que as novas tecnologias podem produzir sobre a qualidade de vida.

O tema 1, além dos esclarecimentos referentes à biotecnologia, buscou auxiliar a prática do docente ao fazer indicações de sites, livros e filmes que permitem o aprofundamento das questões relacionadas ao tema. Este primeiro tema foi encerrado com a utilização da primeira aula da pesquisa. Ao final dessa atividade espera-se que os alunos possam compreender que a biotecnologia surgiu há milhares de anos e, através de alguns conceitos básicos de biotecnologia e das áreas de intervenção desta ciência multidisciplinar, conheçam suas aplicações em vários setores, como saúde, agronomia, e fabricação de alimentos. Além disso, é muito importante que os alunos saibam fazer a correta interpretação

das informações veiculadas, para que eles possam refletir e assumir uma posição frente aos avanços da ciência que podem interferir em sua vida.

No mesmo dia foi desenvolvido o segundo tema: “Simulação da estrutura e função do DNA/RNA” (**Apêndice B**) que abordou os seguintes conteúdos:

- Histórico dos ácidos nucleicos.
- Estrutura química e dupla hélice do DNA.
- Código genético.
- Montagem do modelo do DNA.
- O processo de duplicação da molécula do DNA.

Cada grupo de aluno recebeu o texto “Um pouco da história do DNA/RNA” para leitura e discussão. Isso tinha por objetivo estabelecer uma relação entre composição do DNA e sua estrutura, para isto foi formulada questões sobre o DNA para levantamento das concepções prévias dos alunos.

Neste momento, o professor, a partir das contribuições dos alunos, pode mapear os conhecimentos sobre DNA para dar sequência ao tema com o estudo do segundo texto informativo “Estrutura do DNA e código genético”. Durante a aula, os alunos também puderam realizar consultas a livro didático a fim de responderem, adequadamente, às perguntas que iam sendo propostas pelo professor ou para manifestarem dúvidas e solicitar esclarecimentos.

Concluídas todas as etapas do estudo dirigido para o tema 2 foi apresentado aos grupos o material educativo para simulação da estrutura do DNA, desenvolvido pelo Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural - CBME, que é um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) em parceria com o Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP - São Carlos.

Seguindo as orientações dos roteiros, os alunos puderam construir e visualizar as moléculas do DNA de forma tridimensional. A utilização de modelos representativos na construção da molécula de DNA constitui uma ferramenta importante na Educação, pois permitiu aos alunos materializar a idéia ou conceito, tornando-o, dessa forma, assimilável. É conveniente deixar os alunos montarem sozinhos os modelos. Conforme as dúvidas forem surgindo, o professor deve esclarecê-las baseando-se na estrutura química do DNA e nas orientações fornecidas pelo texto do estudo dirigido. Inicialmente é proposta a construção de pequenas seqüências de DNA (aproximadamente 10 nucleotídeos) e após todos os grupos finalizarem a construção dessas seqüências, eles poderão uni-las e formar uma molécula de DNA e girando-se o modelo no sentido anti-horário tem-se a forma de dupla hélice.

Após a construção da molécula do DNA os grupos prosseguirão o estudo dirigido para conhecimento da molécula do RNA e realizarão alguns exercícios com questões adaptadas do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e de alguns vestibulares.

Esta atividade permite ao aluno identificar a unidade básica da molécula do DNA – o nucleotídeo – e seus componentes e, através da simulação, compreender a estrutura tridimensional da molécula de DNA, como também a localização do material genético.

Espera-se, também, com essa atividade, que o aluno desenvolva uma compreensão do conceito de gene e do papel do material genético nos processos de divisão celular e, conseqüentemente, de reprodução, comum a todas as formas de vida. A apropriação de conceitos como DNA e gene são fundamentais para a compreensão de questões, muitas vezes, polêmicas presentes no dia-a-dia das pessoas, como OGMs, clonagem, teste de paternidade, entre outras.

A atividade final deste primeiro dia foi a realização da extração do DNA (Tema 3 - **Apêndice C**) e, mantendo o mesmo *modus operandis* do estudo dirigido, objetivou que cada grupo estabelecesse a relação entre a estrutura do DNA com a cromatina para, em seguida, realizar a atividade prática da extração do DNA da banana na sala de vídeo que dispõe de mesas e cadeiras plásticas.

A partir de materiais comuns do dia-a-dia, como detergentes, sal de cozinha, álcool e banana, os alunos puderam realizar experimentos fáceis e interessantes que permitiram, através das aulas práticas em laboratório, visualizarem o aspecto do material genético. Sabe-se que o DNA é uma molécula microscópica, que contém todas as informações necessárias para o desenvolvimento e funcionamento dos organismos, podendo ser visto apenas com o auxílio de um aparelho microscópio. Mas, com a combinação correta de alguns ingredientes, é possível tornar visível a olho nu, milhões de cadeias de DNA aglomerados, retirados de diversas fontes, entre elas, a banana. Materiais como os detergentes, permitem que células se rompam, para que o DNA possa sair e ficar livre na solução. Quando se coloca o sal e depois o álcool, as moléculas de DNA ficam mais próximas umas das outras, tornando possível sua compactação e sua visualização na superfície da solução preparada.

Esta experiência permitiu aos alunos um conhecimento adicional aos conteúdos teóricos vistos em aulas de biologia. A atividade prática gera um interesse expressivo dos alunos que, ao mesmo tempo em que vão construindo conceitos biológicos relativos à molécula de DNA, vão desenvolvendo práticas metodológicas relacionadas ao modo de fazer ciência. Assim, os alunos realizaram inicialmente um reconhecimento do material a ser manipulado, leram o roteiro da atividade, fizeram observações do material produzido a cada

etapa, registraram informações que pareciam relevantes e registraram informações importantes que auxiliaram na elaboração de um relatório final da experiência.

Para viabilizar a realização desta atividade prática em locais sem laboratório, foi elaborado um KIT facilitador para extração de DNA, utilizando-se: uma garrafa térmica para disponibilizar a água quente; uma pequena geladeira de isopor para conservação do gelo e do álcool gelado; gazes para filtrar o extrato da banana; copos plásticos transparentes e palitos.

Os alunos, organizados em grupos de 3 elementos, seguiram o roteiro proposto para o experimento e realizaram a extração do DNA e, depois, responderam as questões relacionadas à atividade. Essa atividade primeiramente leva os alunos a pensarem na localização do DNA dentro da célula, considerando a escala de tamanho dessa molécula e a impossibilidade de enxergá-la, mesmo com a utilização dos microscópios mais potentes. Essa atividade, também, tem um papel importante para desmistificação de que o DNA não se come. Dessa forma, ao se encontrar no núcleo celular da banana e visualizá-lo após sua extração, o aluno perceberá que o DNA é comestível.

O uso contextualizado dos modelos plásticos de ácidos nucleicos, bem como da atividade de extração de DNA da banana, contribuíram para a compreensão dos conceitos trabalhados, visto que o tema já havia sido abordado anteriormente nas aulas regulares na escola, o que não foi suficiente para um bom desempenho dos alunos, conforme observado no pré-teste que será apresentado nos resultados.

Dando seqüência à aplicação metodológica da pesquisa, foram trabalhados no segundo dia, os seguintes temas: Tema 4: Síntese de Proteínas, Tema 5: Cromossomo e divisão celular e Tema 6: Cariótipo.

Para iniciar a atividade sobre síntese de proteínas foi realizada a leitura do texto em sala: “Síntese de proteínas: Transcrição e tradução - Composição das proteínas” (**Apêndice D**). Para entender bem este assunto, é imprescindível dispor de conhecimentos básicos sobre a estrutura, composição e replicação do DNA, que já foram discutidos nas aulas anteriores. Após a leitura inicial em sala de aula, foi utilizado o retro projetor com transparências que auxiliaram a exemplificar alguns tipos básicos de RNA como: mensageiro (RNAm), ribossomal (RNAr) e transportador (RNAt). Isso também poderia ter sido feito através de gravura apresentadas em data show, desenhos em cartolina ou ilustrações presentes no texto.

Com o intuito de esclarecer a função de cada um desses RNAs, sugere-se ao professor utilizar uma gravura esquemática, na qual haja o acoplamento de ribossomos, RNA mensageiro e RNA transportadores ligados em aminoácidos. Essa ilustração permite entender qual a função de cada componente envolvido durante a produção de proteínas no citoplasma

das células. A partir daí, é possível explicar que o RNA transportador se pareia por trincas ou códons e cada um destes especifica um aminoácido. Para complementar, através da análise de uma tabela que contenha o código genético, os alunos compreenderão a correspondência de trincas do RNA mensageiro com seus respectivos aminoácidos.

Após tal atividade, foi discutido com os alunos a existência dos mesmos aminoácidos em proteínas de origens diversas, mostrando que a natureza química das proteínas é universal. Nesta etapa de estudo foi proposto exercícios que resgataram as principais idéias estudadas e que puderam trabalhar a questão do código genético ser degenerado, a universalidade da tradução, entre outros. Com isso, objetiva-se que o aluno faça uma reflexão sobre a relevância das estruturas e fenômenos estudados e uma vez imbuídos destes conhecimentos, os mesmos possam estabelecer relações de ancestralidade entre os diversos seres vivos. Além disso, os estudos da tradução do código genético permitem uma boa compreensão de como as células se mantêm vivas e estáveis ao longo do tempo e que fenômenos, como as mutações, modificam o fluxo da informação gênica.

Após a discussão dos exercícios em sala de aula, foi apresentado na sala de vídeo da escola, um filme de 15 minutos explanando o tema: DNA e a síntese de proteínas na sala de vídeo da escola.

O próximo assunto Tema 5 - Cromossomo e divisão celular (**Apêndice E**) foi apresentado na sala de aula. Foram abordados conceitos relacionados à divisão celular como um pré-requisito indispensável para a compreensão do fenômeno da vida, uma vez que os processos de divisão celular são a base do desenvolvimento dos seres vivos. Isso pode ser justificado, visto que as funções desses mecanismos envolvem crescimento, reposição e regeneração celular. Além disso, a reprodução, propriedade essencial da vida, também só é possível graças às multiplicações celulares. Sob este prisma, o estudante poderá conhecer as partes fundamentais da célula especialmente o núcleo e a organização do material genético na forma de cromossomos.

Para este estudo, foram utilizados textos e ilustrações que permitiram a descrição de cromossomos no núcleo celular e auxiliaram e direcionaram os estudantes a reconhecerem e a compreenderem aspectos importantes do processo de divisão das células por mitose e meiose. Este material vem acompanhado de questionários para aprofundamento e contextualização do assunto. Tais perguntas assumem, ainda, a função de diagnosticar, nos alunos, possíveis dúvidas, as quais devem ser resolvidas sob orientação do educador.

Os conteúdos abordados neste tema são:

- Os processos da mitose e meiose bem como suas respectivas funções.

- As diferenças entre tais divisões celulares.
- A estrutura básica dos cromossomos.
- Cariótipo humano: montagem.
- A variabilidade genética.

Inicialmente, os alunos fizeram uma leitura introdutória do histórico da descoberta das células e, posteriormente, os principais conceitos sobre cromossomos, divisão celular e a variabilidade genética foram explanadas em uma aula de 30 minutos para verificar os conhecimentos dos alunos sobre o tema. Nesta aula, foram utilizados textos ilustrativos e recursos auxiliares, como transparências e vídeos.

Foi solicitada a participação dos alunos, para preencherem um quadro comparativo da divisão celular por mitose e meiose e, posteriormente, foi realizada a leitura do texto complementar: “Origens da variação gênica”.

Dando seqüência aos estudos, os alunos, na sala de vídeo, assistiram a um filme de 10 minutos sobre o tema “DNA, a molécula da hereditariedade e sua duplicação”. Foi proposta a elaboração de álbuns seriados e/ou painéis em forma de dobraduras para explicar a reprodução do DNA e divisão celular. Os alunos montaram o material e finalizaram, apresentando na classe os principais conceitos sobre o tema.

Em outro momento da pesquisa, o estudo dos cromossomos foi realizado na sala de aula com a atividade de montagem do cariótipo (Tema 6- **Apêndice F**). Para isso, foi utilizado o material proposto por Martho e Amabis (2001) e adaptado por Wu (2007).

A atividade prática proposta pretende fornecer conhecimentos básicos da classificação dos cromossomos humanos e da montagem de um cariótipo para que os alunos compreendam de que maneira ele é obtido e interpretado. Pretende-se, também, com essa atividade, que os alunos possam, além de estudar o ideograma humano, conhecer a diversidade cromossômica através da análise de cariótipos de diferentes espécies.

Foram desenvolvidos os seguintes assuntos:

- Cromossomos e genomas de diferentes espécies.
- Cariótipo humano: montagem.
- Caracterização das diferentes síndromes cromossomiais.
- As causas ambientais e celulares que levam à ocorrência da mutação.

Para a montagem do ideograma, cada grupo de estudantes recebeu xerocópias da página de atividades com o desenho dos cromossomos para recortar e um gabarito, onde foi montado o ideograma. Esta atividade lúdica propiciou aos estudantes a oportunidade de se familiarizar com conceitos relativos ao número, forma e classificação dos cromossomos. Por

meio de pistas informativas de cada grupo de cromossomos, os alunos puderam simular o grau de detalhamento necessário e simular o trabalho de um geneticista na pesquisa de possíveis anormalidades cromossômicas e genéticas. Foram realizados exercícios sobre síndromes cromossômicas e diversidade cromossômica.

As técnicas biotecnológicas aplicadas, principalmente na agricultura, têm revelado importantes ferramentas de apoio aos programas de melhoramento genético. A biotecnologia na cafeicultura e na produção de cana-de-açúcar tem sido empregada na associação entre uma característica agrônômica de interesse e uma marca no cromossomo desejável, de modo a permitir a seleção de indivíduos portadores do caráter desejado, através da localização daquela marca associada ao caráter.

No terceiro e último dia do projeto, foram discutidos os temas teste de paternidade (tema 7), Bacterias e Fungos (tema 8) e Transgênicos e Bioética (tema 9).

Novamente foi adotada a metodologia do estudo dirigido em grupos com leitura de textos de fontes diversificadas sobre o assunto, exercícios e estudo recíproco final sobre organismos geneticamente modificados e questões éticas.

O tema 7: ‘Teste de Paternidade’ (**Apêndice G**), amplamente divulgado na mídia, constitui uma importante ferramenta pedagógica capaz de motivar os alunos a desenvolverem interesse pelo seu conhecimento e difusão, o que pode alterar atitudes e comportamentos nos âmbitos escolar e social.

O teste de paternidade foi um dos principais fatores de popularização da sigla DNA. Na atualidade já se questiona se esse tipo de exame deve ser realizado livremente pelas pessoas. Em alguns países, a realização desses exames sem solicitação explícita da justiça está sendo proibida, com a justificativa de que os danos psicológicos que os resultados de tais testes podem gerar aos envolvidos superam, em muitos casos, os benefícios que eles podem trazer (MARTHO e AMABIS, 2004).

Para a apresentação do tema: “Teste de paternidade”, os alunos leram diversas reportagens noticiadas pela mídia. Os meios de comunicação, como: rádio, TV, internet, jornais e revistas são responsáveis, em grande parte, pela distribuição dos conhecimentos na sociedade, bem como, na formação de valores e opiniões. Apesar disso, nota-se que a informação científica muitas vezes é noticiada de forma incompleta ou incompreensível, levando à interpretações errôneas.

A partir, então, de noticiários contextualizados, os alunos puderam discutir os principais conceitos envolvendo o teste de DNA e discutiram uma situação problema sobre teste de paternidade.

Com os estudos já desenvolvidos anteriormente, os alunos já eram capazes de reconhecer que a espécie humana possui 46 cromossomos, sendo uma metade deles de origem materna, e a outra, de origem paterna. Com a utilização do retro projetor e transparências, os alunos puderam visualizar que cada cromossomo é composto por moléculas de DNA dispostas em seqüência única para cada indivíduo. Os alunos também já sabiam que O DNA pode ser extraído das células, como as do sangue, por exemplo. Com o material genético coletado e tratado com enzimas, obtêm-se uma seqüência de faixas (bandas) que compõem uma impressão digital do DNA para cada pessoa. Podem-se selecionar regiões preferenciais da molécula de DNA e verificar qual é a origem dos seus componentes: “Se materna ou paterna”.

Como atividade prática foi sugerida a simulação de experimentos nos quais amostras de DNA de diferentes pessoas são tratadas com uma enzima de restrição hipotética, que corta as moléculas nos sítios de restrição.

Os alunos receberam um modelo para a folha de atividade dirigida ao aluno. Nela se encontravam todas as informações objetivas para responder às duas questões formuladas: "Quem é o criminoso?" e “Quem é o pai da criança?”. Os alunos foram orientados sobre a diferença de procedimentos na análise para a detecção do criminoso e a do pai da criança. No primeiro caso, basta encontrar, entre os suspeitos, um padrão de bandagem idêntico ao da amostra de pele sob as unhas da vítima. Já no segundo caso, é preciso, inicialmente, identificar, na criança, as faixas de bandas correspondentes à da mãe para, em seguida, procurar nos pretendentes a pai, aquele que possui as faixas que faltam. Essas faixas devem estar necessariamente presentes no pai, uma vez que a criança recebe um cromossomo materno e um homólogo paterno.

As atividades, apesar de constituírem modelos simplificados, são procedimentos muito parecidos aos utilizados nos laboratórios bioquímicos, e permitiram ao estudante visualizar, ainda que macroscopicamente, o aspecto do material hereditário.

O próximo tema tratou de apresentar micro-organismos fundamentais no estudo da biotecnologia: Bactérias e Fungos-tema 8 (**Apêndice H**). Os micro-organismos estão presentes nos mais variados tipos de ambientes, incluindo nosso corpo.

O intuito desta aula foi mostrar a importância das bactérias e fungos, inclusive para a manutenção da própria vida no Planeta e não somente a visão tradicional de causadoras de doenças. Foi apresentado aos alunos na forma de texto informativo a estrutura fundamental desses micro-organismos, como também o seu emprego na biotecnologia e sua importância

para o homem. Também foi apresentado o DNA dos plasmídeos bacterianos como importante ferramenta utilizada na manipulação genética em biotecnologia.

O método utilizado para essa atividade foi a leitura na sala de aula, sendo realizada em voz alta por alguns alunos, enquanto os outros acompanharam. Ao término da leitura foram discutidos alguns questionamentos, tais como: a) Como é a estrutura de uma bactéria? b) Qual é o tamanho dela? c) Quais são suas utilidades? Entre outros. As principais conclusões foram organizadas na lousa.

Após a leitura e discussão do texto foram mostrados aos alunos alguns potes de iogurte que contém lactobacilos, benéficos ao nosso organismo, explicando o significado da frase contida na embalagem do mesmo: “Contém unidades formadoras de colônias de *Bifidobacterium animalis* por porção de 100g”. Podê-se discutir sobre os lactobacilos e a relação simbiótica destes organismos com o ser humano. O objetivo de levar o pote de iogurte para a sala de aula foi relacionar a matéria que estava sendo estudada com o cotidiano dos alunos, com algo que eles comem no seu dia-a-dia.

Pode-se finalizar este conteúdo, juntamente com o Reino Fungi, por meio de uma atividade prática: “A fermentação do pão”. A turma foi separada em três grupos, cada um ocupando uma mesa na sala de vídeo, previamente preparada com o material para a fabricação do pão. Para o pão, utilizamos o conhecido “fermento biológico”, um fungo unicelular cientificamente chamado de *Saccharomyces cerevisiae*. Os alunos seguiram as instruções do roteiro da atividade presente no texto do tema 8 para simular a fabricação do pão.

Esta atividade permitiu aos alunos relacionar a importância dos micro-organismos para o ser humano, seja na alimentação ou em outros setores. Ao fim desta atividade, os alunos foram capazes de entender que o pão “cresce” devido à ação das leveduras pela eliminação do gás carbônico resultante do processo da fermentação.

O aluno pode também entender que a biotecnologia tradicional ou clássica utiliza os processos de fermentação por micro-organismos para obtenção de produtos industriais ou não, como queijo, cerveja, vinho, pão entre outros. Neste caso, não houve modificação na carga genética do organismo, apenas a introdução de um microrganismo, o qual metabolizou o açúcar, fermentando-o.

Para a discussão do tema 9: Transgênicos e Bioética (**Apêndice I**), a proposta pedagógica problematizadora desenvolvida abordou alguns temas reflexivos que foram solicitados ao aluno no dia anterior: uma pesquisa previa sobre novas tecnologias reprodutivas, as manipulações gênicas, alimentos transgênicos, questões envolvendo meio ambiente como a poluição, recursos energéticos, doenças, entre outros. Os alunos trouxeram

algumas matérias sobre o assunto, encontradas em artigos de jornais ou revistas, livros, internet e outras fontes.

Com base em casos apresentados no texto de bioética e mais o material de pesquisa, os alunos em grupo discutiram o tema Bioética e Biotecnologia. O estudo de casos foi um ponto de partida para se explicar os princípios da bioética. Tal escolha se justifica no fato de que uma análise de casos possibilita ao professor guiar a discussão da classe de maneira que os alunos sejam levados a expressar as descobertas das questões de valores por si mesmo, favorecendo-os a exercer suas competências cidadãs, através de compromissos individuais e sociais, interagindo conscientemente na vida da comunidade à qual estão integrados. Neste contexto, a aprendizagem foi mediada e facilitada pelo professor, que assumiu um papel construtivista na promoção do conhecimento do aluno.

A seguir, os alunos organizados em pequenos grupos na sala de vídeo receberam uma coletânea de pequenos textos apresentando alguns conceitos fundamentais em biotecnologia: clonagem, células tronco, organismos geneticamente modificados, DNA recombinante, bioética, vantagens e desvantagens dos transgênicos e leis.

Os alunos puderam estabelecer uma associação entre o material pesquisado em casa e os textos de referência e organizaram uma resenha dos conceitos fundamentais estudados

Ao final da leitura e discussão dos materiais e textos, e utilizando-se de papel pardo, cartolina e canetas pincel, os alunos registraram a síntese de suas idéias e apresentaram ao grupo na forma de estudos recíprocos e fórum sobre o impacto social e ambiental causado pela biotecnologia e seus produtos, respondendo a três questões:

- 1) Relação entre a bioética e a biotecnologia.
- 2) Vantagens e desvantagens dos transgênicos.
- 3) Como garantir a biossegurança na biotecnologia?

Através das opiniões que surgiram, foi dada seqüência ao debate que vinha de encontro aos questionamentos que envolviam também a bioética. O entendimento do que é bioética, a sua interpretação e a sua utilização no dia a dia, é importante para a formação desses jovens estudantes do ensino médio que, por suas características naturais, são formadores de opiniões e disseminadores de informações e que poderão levar aos seus familiares, seus amigos e, enfim, a toda a sociedade, informações importantes e relevantes a respeito da importância do que é bioética e como ela está presente no nosso dia a dia.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos através da análise quantitativa e qualitativa dos questionários de pré-teste e pós-teste, respondidos pelos alunos foram analisados e discutidos de maneira comparativa e apresentados na forma de tabelas e gráficos.

A primeira questão proposta buscou as indicações se os alunos já tinham ouvido falar sobre DNA, sem a preocupação quanto a fonte da informação ou qualquer explicação. Todos os alunos (100%) indicaram já ter ouvido falar em DNA, tanto no pré-teste como no pós-teste, caracterizando, portanto, a singularidade da palavra e a intensidade como a mesma circula entre os alunos.

A questão seguinte versou sobre as fontes das informações sobre o DNA. Essa questão foi apresentada tanto no pré como no pós-teste somente para os alunos da escola A, na qual foi desenvolvida a proposta de ensino de biotecnologia, para as turmas ACA e ASA. A **Tabela 2** apresenta os resultados das indicações dos alunos.

**Tabela 2:** Fontes de informações sobre DNA

Fontes	ACA 1		ASA 1		Total		ACA 2		ASA 2		Total	
	Pré -Teste		Pré-Teste		Pré-Teste		Pós-Teste		Pós-Teste		Pós-Teste	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Escola Aulas de Biologia	10	41,7	12	44,4	22	43,1	17	53,1	5	25,0	22	42,3
Televisão	8	33,3	10	37,0	18	35,3	8	25,0	13	65,0	21	40,4
Internet	5	20,8	3	11,1	8	15,7	5	15,6	2	10,0	7	13,5
Revista Veja/Isto É	1	4,2	1	3,7	2	3,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Com amigos	0	0,0	1	3,7	1	2,0	2	6,3	0	0,0	2	3,8
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>51</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

No pré-teste, para as duas turmas com (ACA1) e sem atividades (ASA1), e pós-teste para a turma com atividades (ACA2), as fontes de informações aparecem na mesma ordem. A fonte Escola, aulas de biologia aparece em primeiro lugar, seguida da televisão e internet. Somente na turma sem atividades (ASA2) no pós-teste, a fonte televisão aparece em primeiro lugar com 65% das indicações, seguida de escola aulas de biologia com 25% e internet com 10%.

Quando comparados os resultados do pré-teste ACA1 e ASA1, as diferenças não são estatisticamente significativas ( $\chi^2_{0} = 3,172$ ,  $\chi^2_{2c} = 5,991$ , gl = 2 para  $p \leq 0,05$ ). Embora

tenha ocorrido um aumento no Grupo ACA2 nas indicações das fontes de informações escola, aula de biologia e internet, e diminuição das indicações para a fonte televisão.

No Grupo ASA2 ocorreu uma inversão de indicações de fontes de informação passando para o primeiro lugar no pós-teste a fonte televisão. As comparações entre as frequências das indicações do pré-teste e pós-teste nesse grupo (ASA1 e ASA2), mostraram-se estatisticamente significativas ( $\chi^2_o = 12,876$ ,  $\chi^2_c = 5,991$ ,  $gl = 2$  para  $p \leq 0,05$ ).

A análise das indicações dos alunos para os grupos ASA e ACA a respeito das fontes de informações sobre o DNA permitiu inferir que:

Realmente houve um aumento das indicações para uma fonte informal cuja qualidade pode ser discutida (rigor científico) no grupo ASA em que não estavam sendo desenvolvidas as atividades práticas na escola. Notou-se que uma fonte informal de informação como a televisão contribuiu com maior peso na formação de opinião do aluno, pois em ASA1, 37,0% dos alunos indicaram a televisão como principal fonte de informação sobre o DNA e, para o grupo ASA2, este percentual aumentou para 65,0%. A proposta de ensino aplicada no grupo ACA, por sua vez, favoreceu aos alunos deste grupo um maior contato com o tema DNA no ambiente escolar, o que refletiu em mudanças nas fontes de informação; a escola passou de 41,0% em ACA1 para 53,0% em ACA2 como fonte de informação sobre o DNA e ocorreu uma diminuição da influência da TV de 33,0% (ACA1) para 25,0% (ACA2) e, da internet, de 20,0% (ACA1) para 15,0% (ACA2), enquanto que no ASA1 e ASA2, a escola passou de 44,0% para 25,0% das indicações de fontes de informação sobre o DNA e a TV subiu de 37,0% para 65,0%.

Guimarães (2008), em sua pesquisa sobre as representações sociais dos professores de biologia, relatou que as fontes de informações informais sobre biotecnologia predominam sobre as fontes formais, sendo que as informações de caráter científico são muito pouco representadas.

É possível que os alunos do ACA tenham adquirido um sentido ou capacidade um pouco mais crítica quanto à qualidade da informação. Provavelmente, os conteúdos das atividades sobre DNA deram significado aos conhecimentos informais e explicaram a organização do material genético de maneira a ser incorporado no repertório de conhecimentos dos alunos.

Desta forma, 54,0% dos alunos do grupo ASA e ACA, tanto no pré-teste como no pós-teste, sofreram a influência de fontes de informação fora do espaço escolar (televisão, internet, revistas).

A quantidade de “filmes” e do “Youtube” sobre DNA é intensa ou mesmo a apresentação de assuntos envolvendo DNA em programas televisivos, nem sempre é tratado com maior rigor técnico-científico.

É preciso que os docentes discutam com os alunos a importância da identificação de fontes seguras apresentadas pela televisão, ou mesmo disponibilizadas pela Internet, e como selecionar as informações corretas sobre o assunto pedido. Isso implica, não somente em aumentar o fluxo de informações por meio da escola, mas sim, que esta possa agir mais intensamente em discutir as imagens e informações a que os alunos estão constantemente imersos, uma vez que a escola ainda não corresponde, para o aluno, como a principal fonte de informações e conhecimentos a respeito da atividade científica.

Desta forma, a atividade do tema 1: “Conhecendo a Biotecnologia” propicia, aos estudantes, uma colaboração na compreensão sobre as novas tecnologias e o impacto que elas podem causar na sociedade, como também propicia uma maior reflexão, análise e síntese da linguagem científica presentes nos diferentes meios de comunicação e expressão conforme recomenda o PCN + no desenvolvimento das competências gerais do aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática (PCN+ Ensino Médio, 2002). A escola deve promover um ambiente de aprendizagem dentro do contexto curricular que aproxime a ciência ao cotidiano dos alunos e estes possam tornar-se um ator social do seu meio, capaz de relacionar informações representadas de diferentes formas e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente (Caderno do Professor-Biologia 2008).

Fica evidenciado que a “Informação” tem um papel importante no processo ensino-aprendizagem, cabendo ao educador, conforme propõe Morin (2000), fornecer condições adequadas ao aluno para que este possa classificar, analisar e contextualizar as informações.

As indicações sobre conhecer, ou não, a estrutura da molécula de DNA são apresentadas na **Tabela 3**. Embora todos os alunos tivessem indicado que já tinham ouvido falar em DNA, poucas foram as indicações sobre o conhecimento da estrutura da molécula. No pré-teste para os grupos ACA1 e ASA1 e no pós-teste para o grupo ASA2, 93,0% dos alunos indicaram desconhecer a estrutura da molécula de DNA, enquanto que no grupo ACA2 no pós-teste, todos os alunos indicaram conhecer a estrutura do DNA.

**Tabela 3:** Indicações sobre conhecimento da formação da molécula de DNA

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	1	6,7	1	6,7	2	6,7	15	100,0	1	6,7	16	53,3
Não	14	93,3	14	93,3	28	93,3	0	0,0	14	93,7	14	46,7
<b>Total</b>	15	100	15	100	30	100	15	100	15	100	30	100

A exploração da construção de modelos moleculares utilizando “peças plásticas” representa uma alternativa para o estudo da estrutura do DNA. Embora esta estrutura pareça complicada para os alunos, a atividade prática com a simulação da construção da molécula de DNA possibilitou um maior esclarecimento sobre as partes componentes do DNA que se repetem ao longo de sua cadeia. Assim, os alunos do grupo ACA puderam visualizar o DNA como uma “longa escada”, cujos componentes são as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina e as suas respectivas moléculas de açúcar e fosfato. Da mesma forma em que a adoção de modelos tridimensionais foi fundamental no processo de descoberta da estrutura da molécula do DNA (WATSON, 1987), a utilização de diversas atividades didáticas, como a montagem da Estrutura tridimensional do DNA em Origami (LORETO; SEPEL, 2007), ou até mesmo o “DNA Comestível”, montado a partir de balas de jujuba (UNIFESP, 2009), tem surgido como alternativas viáveis para o desenvolvimento e aprendizagem de conceitos e fenômenos relacionados ao funcionamento do DNA (FITIPALDI; ROCHA, 2006).

Foi notável o entusiasmo dos alunos em montar, descobrir e visualizar como é a estrutura molecular do DNA e seu processo de duplicação, transcrição e tradução. De acordo com as propostas curriculares do Estado de São Paulo nas situações favoráveis de aprendizagem, os alunos são instigados ou desafiados a participar e a questionar, valorizando as atividades coletivas que propiciam a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas. Um procedimento que prevê a participação em atividades lúdicas, nas quais os alunos se sintam desafiados não somente pelos outros participantes, mas, especialmente, pelo jogo do conhecimento.

Ainda relacionado à investigação sobre os conhecimentos dos alunos sobre a molécula do DNA, foi solicitado aos participantes que indicaram conhecer sua estrutura, que explicassem como a molécula do DNA é formada (**Tabela 4**). Na análise qualitativa das justificativas dadas pelos alunos, as respostas foram analisadas e classificadas em:

- certas;
- parcialmente certas;
- erradas;
- não sabe, não lembra.

É importante ressaltar que não havia nenhum modelo ou gabarito para definir se as respostas estavam certas, erradas ou parcialmente certas. Assim, os critérios utilizados foram; se as idéias do aluno se aproximavam da resposta cientificamente correta para aquela pergunta e se a justificativa dada pelo aluno era pertinente. Só foram consideradas erradas as respostas que fugiam totalmente de uma resposta aceitável para a pergunta.

**Tabela 4:** Conhecimentos sobre a estrutura do DNA.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	46,7	0	0,0	7	31,8
Parcialmente Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	33,3	0	0,0	5	23,0
Erradas	2	25,0	1	20,0	3	23,0	3	20,0	1	14,3	4	18,0
Não sabe/não lembra	6	75,0	4	80,0	10	77,0	0	0,0	6	85,4	6	27,2
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

No pré-teste não responderam a esta questão 7, alunos do grupo ACA1 e 10 alunos do grupo ASA1. Dos 30 participantes no pré-teste da pesquisa, somente dois alunos responderam conhecer esta estrutura para o grupo ACA1 e um aluno para o grupo ASA1, mas a avaliação qualitativa da justificativa das suas respostas indicou idéias sem consistência ou conceitos errados sobre a estrutura da molécula do DNA, conforme registrado nos questionários pré-teste, reproduzido, na íntegra, abaixo:

*“Ela é formada através de células, formando-se no núcleo da célula”.*

*“Acho que esta na célula”.*

*“Acho que é uma célula.”*

Foram identificados que 6 alunos, 75,0% dos que responderam a esta questão, indicaram não saber sobre o assunto investigado para o grupo ACA1 e 4 alunos não souberam responder para o grupo ASA 1 (100,0% dos alunos que responderam esta questão).

Nota-se que esses três únicos alunos que deram uma explicação sobre a estrutura do DNA no pré-teste estabeleceram uma relação desta molécula com a estrutura celular e, no pós-teste, houve uma modificação favorável bastante acentuada em relação às explicações sobre a estrutura do DNA observado no grupo participante das atividades práticas (ACA). O grupo controle ASA, na sua maioria, conforme observado na **Tabela 3**, continuou afirmando desconhecer tal estrutura molecular (93,7%), enquanto que o grupo das atividades práticas ACA afirmou na sua totalidade (100,0%) conhecer a formação da molécula do DNA após participarem das aulas com temas ligados à biotecnologia.

Deste modo, o desempenho observado (**Tabela 4**) dos alunos do grupo participante da proposta de ensino, grupo ACA em relação à aprendizagem de conceitos sobre a composição do DNA foi satisfatório, fato que pôde ser observado no aumento de respostas corretas (46,7%) e parcialmente corretas (33,3%) no pós-teste para este grupo. Sendo assim, quando comparado ao pré-teste, 80,0% dos participantes conseguiram explicar de forma concisa a estrutura da molécula de DNA em relação aos 25,0% que explicaram de forma bastante vaga e errada no pré-teste. A utilização das peças plásticas simbolizando os componentes dos ácidos nucleicos pode facilitar e incentivar o processo ensino-aprendizagem, não somente na confecção da molécula do DNA, como também contribui para uma melhor compreensão de conteúdos relacionados: RNA, transcrição e tradução que serão analisados posteriormente.

A maioria das respostas no grupo ACA2, já apresentou uma melhora no conhecimento da composição química e na formação da estrutura molecular do DNA, conforme ilustrado abaixo:

*“O DNA apresenta-se na forma de uma dupla fita composta por fosfato, açúcar e bases nitrogenadas em pares: adenina com timina e citosina com guanina.”*

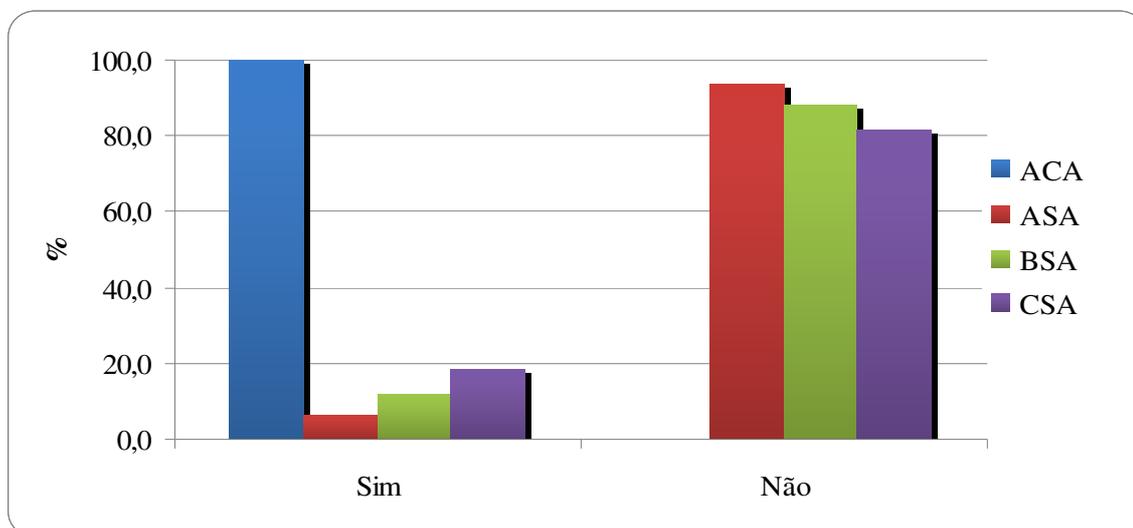
Nota-se que 80,0% dos estudantes do grupo ACA2 (**Tabela 4**) conseguiram identificar a composição química do DNA após a aplicação das atividades, embora nem todos alunos conseguiram explicar claramente o pareamento das bases nitrogenadas, como no exemplo citado anteriormente. Pode-se notar uma evolução na ampliação do conhecimento sobre o DNA, uma vez que essas justificativas de respostas não foram apontadas no pré-teste. As respostas abaixo ajudam a ilustrar a categoria de respostas certas ou parcialmente certas para este grupo:

*“Ela está no meio da célula, no núcleo, é uma molécula formada externamente por 2 corredores de fosfato e açúcar e dentro por bases nitrogenadas, A, T, C, G sendo que A=T e C=G”*

*“Por fosfato e açúcar e um código genético: A T;G C.”.*

*“O DNA é uma molécula formada de açúcar, fosfato e uma fita dupla em forma de uma escada e cada pessoa tem a sua identidade genética”.*

Apesar de todos os 15 participantes da proposta de ensino (grupo ACA2) afirmar conhecer a estrutura molecular do DNA, nota-se no **Tabela 4**, que 3 alunos (20,0%) tiveram suas justificativas consideradas respostas não são suficientes para indicar que o aluno se apropriou do conceito estrutural do DNA. Pode-se observar que parte dos alunos das séries finais do ensino médio não possui conhecimentos básicos sobre a estrutura do DNA, conforme verificado no pós-teste aplicado nas escolas A, B e C (**Figura 4**).



**Figura 4:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre conhecimentos da estrutura da molécula do DNA.

As escolas A, B e C representadas respectivamente pelas 3<sup>as</sup> séries do ensino médio ASA, BSA e CSA tiveram baixo desempenho em relação aos seus conhecimentos sobre a molécula do DNA. Seus estudos estavam vinculados somente aos ensinamentos desenvolvidos pela rede oficial de ensino através da proposta curricular do caderno do professor. Nota-se que o grupo ACA apresentou uma melhora quantitativa em conceitos sobre a estrutura molecular do DNA, evidenciando a necessidade de analisar e avaliar a potencialidade educativa dos diferentes materiais e propostas de ensino que favoreçam a aprendizagem significativa do aluno/comunidade em relação às novas tecnologias e suas aplicações. A importância da organização das aulas como a escolha dos temas e das atividades práticas é destacada por autores como Engle e Conant (2002) no processo ensino aprendizagem. Santos e Mortimer (2009) também descrevem a importância do educador para

promover um ambiente interativo na sala de aula de ciências com diferentes materiais que favoreçam a aprendizagem do aluno. Desta forma, foi observado que alunos de séries finais da Educação Básica, sequer possuem conceitos básicos sobre o material genético e que já deveriam ter sido apresentados no ensino fundamental e até mesmo na disciplina de química do Ensino Médio.

No âmbito das propostas dos PCNEM (Parâmetros Nacionais Curriculares para o Ensino Médio), o DNA é um tema que pode ser amplamente trabalhado através de uma abordagem interdisciplinar, integrando principalmente as áreas de química e biologia. Um outro exemplo pertinente, é o emprego de enzimas como ferramenta de trabalho no desenvolvimento de metodologias analíticas em diferentes áreas de estudos, seja acadêmica ou industrial. Essas substâncias orgânicas, normalmente de natureza protéica, são bastante empregadas, tanto nas áreas de química, quanto na de biotecnologia.

Desta forma, a fundamentação de conceitos com base na interdisciplinaridade contemplando as áreas da física, química, matemática, biologia e outras, evitam a fragmentação e a compartimentação dos diferentes saberes, propicia uma maior interação entre as áreas e gera uma visão interdisciplinar dos conceitos aprendidos pelo aluno. A relação da química com a física e a biologia também esta cada vez mais explícita no exame nacional do Ensino Médio (Enem). As três disciplinas fazem parte de uma mesma área de conhecimento delimitada pelo Enem e compõem a área de ciências da natureza e suas tecnologias, que corresponde a um quarto das questões da prova objetiva. Este exame atualmente tem explorado temas como desenvolvimento científico, conservação do ambiente, biotecnologia e uso da ciência para solucionar problemas sociais e econômicos.

Mas os dados da pesquisa apontaram um fator negativo para a aprendizagem interdisciplinar, principalmente ligada à área de química sendo que o estudo do DNA muitas vezes é realizado com dessincronia em relação à química orgânica ou mesmo atomística, que são considerados um pré-requisito necessário para a compreensão da estrutura do DNA. Dessa forma, o estudo do DNA aparece nas duas disciplinas em momentos bastante distantes, trabalhados com enfoques totalmente diferentes e sem o estabelecimento de um vínculo entre os conteúdos de uma e outra disciplina. Nas atividades envolvendo a extração do DNA verificou-se que os alunos não tinham noções de propriedades físico-químicas como Solubilidade, Lipofilia; Hidrofilia; Carga elétrica, entre outras, o que dificultou a análise da experiência e da função dos componentes da solução como o sal, detergente, álcool.

A **Tabela 5**, a seguir, investigou as justificativas dos participantes sobre as funções da molécula do DNA. As indicações dos participantes mostram que no Grupo ASA somente um

aluno (9,1%) tanto no pré-teste (ASA1), quanto no pós-teste (ASA2) respondeu parcialmente certo, sendo que não responderam a essa questão 4 alunos para o grupo ASA1 e 8 alunos para o grupo ASA2. Grande parte dos alunos do grupo ASA não soube explicar sobre as funções da molécula de DNA, e as poucas explicações dadas foram relatadas de forma vaga, como é ilustrado abaixo:

*“Cada um tem seu próprio DNA, nenhum é igual do outro. O DNA serve para nos identificar para sabermos quem somos”.*

*“Eu acho que é para a identificação de cada ser humano. Quando alguém pede para fazer o teste de DNA é para saber se o filho é seu, tipo dentro do DNA do pai é igual ao do filho”*

**Tabela 5:** Conhecimentos sobre as funções do DNA.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	46,7	0	0,0	7	31,8
Parcialmente Certas	3	33,3	0	0,0	3	0,0	5	33,3	1	14,3	6	27,2
Erradas	3	33,3	1	20,0	4	28,6	3	20,0	1	14,3	4	18,0
Não sabe/não lembra	3	33,3	4	80,0	17	71,4	0	0,0	5	71,4	5	23,0
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

Foi verificado que no grupo ACA2 que 7 (46,7%) alunos conseguiram responder de forma correta sobre as funções do DNA, 5 (33,3%) alunos responderam de forma parcialmente certa e 3 (20,0%) participantes apresentaram justificativas erradas. No pré-teste, para o mesmo grupo (ACA1), 6 alunos não responderam 3 (33,3%) participantes conseguiram responder de forma parcialmente certa, 3 (33,3%) alunos responderam errado e 3 (33,3%) não souberam responder. Nota-se para o grupo ACA2 houve um ganho de conhecimentos em relação ao grupo ACA1, sendo que as diferenças entre as frequências das categorias são estatisticamente significativas ( $\chi^2_{o} = 33,454$ ,  $p < 0,0001$ ,  $\chi^2_{c} = 5,991$ ,  $gl = 3$  para  $p \leq 0,05$ ).

Esta análise, então, confirma novamente que os conceitos trabalhados nas aulas regulares na escola não foram suficientes para que os alunos conseguissem explicar as funções do DNA no pré-teste.

A proposta de ensino então aplicada através do estudo dirigido numa abordagem construtivista de ensino e aprendizagem, bem como o uso contextualizado dos modelos plásticos para a simulação dos ácidos nucléicos, constituem um recurso facilitador no aprendizado dos conceitos envolvendo DNA, o que pôde ser observado no aumento de respostas corretas e parcialmente corretas no pós-teste, quando comparado ao pré-teste. Cerca de 80,0% dos alunos grupo ACA2 conseguiram explicar de forma plausível as funções do DNA no pós-teste quando comparado a 33,3% do grupo ACA1 no pré-teste.

A próxima investigação pretendeu analisar as concepções dos alunos sobre a localização do DNA (**Tabela 6**).

**Tabela 6:** Conhecimentos sobre a localização do DNA.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	1	6,7	0	0,0	1	3,3	10	66,7	0	0,0	10	33,3
Parcialmente Certas	8	53,3	6	40,0	14	46,7	5	33,3	8	53,3	13	43,5
Erradas	2	13,3	2	13,3	4	13,3	0	0,0	2	13,3	2	6,6
Não sabe/não lembra	4	26,7	7	56,7	11	36,7	0	0,0	5	33,4	5	16,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

No grupo ASA1 6 (40,0%) alunos responderam de forma parcialmente certa, 2 (13,3%) alunos apresentaram conceitos errados e 7 (56,7%) participantes não souberam responder a questão investigada. Para este mesmo grupo no pós-teste (ASA2) manteve-se o percentual de 40,0 % de indicações de respostas parcialmente certas, mas houve um aumento nas indicações de respostas erradas (26,7%). Comparando ASA1 e ASA 2, as diferenças entre as frequências das categorias são significativas ( $\chi^2_{o} = 7.462$ ,  $p = 0.0240$ ,  $\chi^2_{c} = 5,991$ ,  $gl = 3$  e para  $p \leq 0,05$ ), mas sem nenhuma indicação de respostas corretas. Houve um deslocamento das respostas “Não sei, Não Lembro” para o parcialmente certo. Notou-se que os alunos do grupo ASA1 no pré-teste (40,0%) e ASA2 no pós-teste (53,3%) apresentaram conceitos superficiais sobre a localização do DNA como: “*O DNA está dentro das células da corrente sanguínea*”

Com relação a esta questão foi identificado no grupo ACA1, que 8 (53,3%) participantes indicaram respostas parcialmente certas citando que “*O DNA é encontrado*

*dentro das células*” e 4 (26,7%) participantes desse mesmo grupo indicaram não saber o assunto investigado. Observou-se que para este grupo, apenas 1 (6,7%) aluno apresentou melhor domínio de conhecimento sobre a localização do DNA e indicou resposta certa como *“O DNA é encontrado no núcleo das células dos seres-vivos (humanos, plantas, animais, etc)”* e 2 (13,3%) alunos apresentaram concepções erradas e vagas como: *“O DNA tem em qualquer lugar”*.

No pós-teste do grupo ACA2 foi identificado que 10 (66,7%) participantes indicaram respostas certas como *“Em todos os seres vivos, geralmente no núcleo das células”*, e *“no material nuclear das células”*. Nesse grupo também foi verificado que 3 (33,3%) participantes do grupo indicaram respostas parcialmente certas relacionadas com a localização da molécula do DNA como: *“na célula dos seres vivos”*. Não houve indicações de respostas erradas para o grupo pós-teste ACA2. A comparação entre as indicações de ACA1 e ACA2 mostra que as diferenças da evolução dos ganhos de conhecimentos são estatisticamente significativas, com o deslocamento de indicações erradas e “Não sei, Não lembro” e das respostas Parcialmente Certas para Certas ( $\chi^2_{o} = 7.462$ ,  $p = 0.0240$ ,  $\chi^2_{c} = 5,991$ ,  $gl = 3$  e para  $p \leq 0,05$ ).

Os resultados do pós-teste para o grupo ACA2 participantes das atividades práticas como a simulação da estrutura tridimensional e extração do DNA mostraram-se satisfatórios, mas é importante ressaltar que alunos de séries finais do Ensino Médio deveriam ter os conceitos fundamentais sobre o DNA já previamente trabalhados em séries anteriores de forma contextualizada e interdisciplinar como um pré-requisito para a efetivação de modelos didáticos de ensino-aprendizagem auxiliares que se propõe a colaborar no desenvolvimento do aluno, na sua capacidade de argumentação e expressão de opiniões que estabeleçam uma ponte entre conceitos científicos e vivência cotidiana. Segundo indicam Bossolan, Santos. Moreno e Beltramini (2005), do CBME-Centro de Biotecnologia Molecular e Estrutural da UFSCAR no trabalho de aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio, entre os maiores desafios para a atualização pretendida na aprendizagem de ciência e tecnologia, nos ensinos fundamental e médio, está a formação adequada de professores e a elaboração de materiais instrucionais apropriados. Os pesquisadores também apontam que a falta de recursos nas escolas como inexistência de laboratórios e/ou equipamentos, carga horária de aula insuficiente têm sido algumas das dificuldades alegadas pelos professores para a utilização de materiais didáticos, quando disponíveis. Wuo e Guimarães (2009), também apontam que o sistema educacional brasileiro apresenta problemas de ordem estruturais

percebidos pelas precárias condições físicas das escolas e problemas pedagógicos relacionados com a deficiência na formação dos educadores que interferem na qualidade da prática docente no processo de ensino–aprendizagem.

A próxima questão da pesquisa procurou evidenciar as concepções dos alunos a respeito do teste de paternidade, um tema que vem sendo significativamente veiculado pelos meios de comunicação. Nesta questão os alunos responderam se já tinham ouvido falar em teste de paternidade utilizando DNA. A **Tabela 7** indica os resultados para esta questão.

**Tabela 7:** Indicações se já ouviu falar em teste de paternidade usando DNA.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	10	71,4	11	73,3	21	72,4	15	100,0	12	80,0	27	90,0
Não	4	28,6	4	26,7	8	27,6	0	0,0	3	20,0	3	10,0
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

As atividades práticas e resolução de situações problemas envolvendo o teste de DNA foi uma ferramenta facilitadora na aprendizagem de conceitos sobre o teste de paternidade. Nota-se que 72,4% dos alunos no pré-teste (ASA1 e ACA1) afirmaram conhecer o referido teste e este percentual aumentou para 90,0% no total do pós-teste. Este incremento no desempenho pós-teste dos alunos (ASA2 e ACA2) está associado, conforme observado na **Tabela 7**, ao aumento expressivo de respostas afirmativas para conhecimento de teste de paternidade relacionados ao grupo ACA2, que participaram das atividades de ensino em biotecnologia. No grupo ACA1 10 (71,4%) dos participantes afirmaram que já ouviram falar em teste de paternidade usando DNA, 4 (26,7%) alunos não ouviram falar e 1 aluno não respondeu a esta questão. Estes indicadores foram modificados para o grupo ACA2 em 100,0% de respostas afirmativas. Esta modificação positiva não foi observada no grupo ASA. No pré-teste do grupo ASA1 11 (73,3%) alunos afirmaram ouvir falar em teste de paternidade e 4 (26,7%) não ouviram e estes resultados tiveram pouca modificação no pós-teste, pois se observou que para ASA2, as indicações afirmativas atingiram o percentual de 80,0% e as afirmações negativas foram reduzidas para 20,0%.

Para a maioria dos alunos entrevistados, a terminologia “teste de paternidade” é familiar, mas quando estimulados a explicar como o DNA é utilizado em teste de paternidade

(Tabela 8) estes alunos, principalmente no pré-teste, não souberam explicar como ele é feito ou quando responderam, emitiram conceitos de senso comum e até mesmo conceitos errados.

**Tabela 8:** Conhecimentos sobre como é feito o teste de paternidade utilizando DNA.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Parcialmente Certas	3	20,0	2	13,3	5	16,6	13	86,7	2	13,3	15	50,0
Erradas	2	13,3	2	13,3	4	13,3	2	13,3	1	6,7	3	10,0
Não sabe/não lembra	10	66,7	11	73,4	21	70,1	0	0,0	12	80,0	12	40,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Foi identificado no grupo ASA1 que 5 (33,3%) participantes indicaram respostas parcialmente certas ou erradas, incluindo conceitos confusos como “é feito pelo sangue e lá eles encontram o DNA do indivíduo e vê se é compatível” e 10 (66,7%) participantes desse mesmo grupo indicaram não saber o assunto investigado. No grupo pós-teste ASA2 houve somente 2 (13,3%) indicações para respostas parcialmente do seguinte modo: “Tira o sangue e comparam o DNA do filho com o DNA dos pais”. Para esse mesmo grupo 12 (80,0%) dos alunos indicaram não saber a questão investigada e 1 (6,7%) aluno respondeu de forma errada: “Compara se o cabelo do pai é igual ao do filho”. Quando o estudante se apropria de uma palavra, não significa que se apropriou do conceito que esta palavra expressa. Há evidências de que os meios de comunicação são responsáveis pela veiculação de conceitos estereotipados e distorcidos sobre o teste de paternidade. O educador deverá ter o cuidado para que o ensino centrado em definições, ou influenciado pela mídia, não resulte em uma pseudo-aprendizagem, uma vez que o aluno se apropria da palavra, mas não necessariamente do conceito.

No grupo pré-teste ACA1 a maior parte dos alunos (80,0%) não souberam responder ou responderam de forma errada como o teste de paternidade é feito, com 3 (20,0%) indicações para respostas parcialmente certas como “*Tirando o sangue do pai e o da criança*”. A maioria dos alunos (86,7%) do grupo ACA 2 respondeu de forma parcialmente certa como “*É feito a coleta do sangue do pai e do filho e daí será feito um análise para ver se o DNA é parecido*” ou “*Eu acho que é comparando o DNA, o código genético*”. Houve 2 (13,3%) indicações de respostas erradas.

A partir desta análise realizada verificou-se que, embora muitos alunos já tivessem ouvido falar em teste de paternidade, muitos deles apresentaram várias concepções errôneas sob o ponto de vista científico. Embora as atividades possivelmente contribuíssem para uma melhor assimilação dos conceitos de teste de paternidade usando DNA, o tema necessita um maior aprofundamento de estudos para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino capazes de promover a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento conceitual do aluno. Guidolin e Duarte (2006) realçam a importância crescente de uma maior compreensão e conscientização a cerca do teste de paternidade através da análise do DNA, além dos procedimentos técnicos. Esta melhor compreensão por parte da sociedade é fundamental para que não sejam tomadas conclusões precipitadas pelas partes envolvidas. Com os devidos esclarecimentos, o principal objetivo do teste de paternidade pelo DNA (definição do vínculo genético), segundo os autores é o de incentivar o vínculo afetivo, permitindo o bem-estar físico e emocional da criança, com a participação da mãe e do pai em sua vida.

Dando seqüência ao estudo do DNA foi analisado se os estudantes conhecem possíveis efeitos sobre o código genético provocados pelos erros na molécula do DNA e se já ouviram falar em mutação gênica (**Tabela 9**).

**Tabela 9:** Indicações se já ouviram falar em mutação gênica.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	2	13,3	7	46,7	9	30,0	15	100,0	7	50,0	22	75,9
Não	13	86,7	8	53,3	21	70,0	0	0,0	7	50,0	7	24,1
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>

Somente 30% do total de entrevistados no pré-teste afirmaram conhecer o processo da mutação e após as atividades de ensino este percentual elevou-se para 75,9%. As atividades de ensino desenvolvidas nesta pesquisa procuraram discutir aspectos relativos às mutações gênicas e sua relação com a molécula de DNA, e que, sendo duplicada no processo de divisão celular, acaba sendo transmitida às linhagens obtidas a partir dela, a mesma alteração gênica. Esta atividade possibilita ao aluno reconhecer o papel das mutações como fonte primária da diversidade genética, analisando possíveis efeitos sobre o código genético provocados pelos erros na molécula do DNA.

Para o grupo ASA1, 7 (46,7%) alunos afirmaram que já ouviram falar em mutação gênica e 8 (53,3%) não ouviram. No pós-teste, no grupo ASA2, houve pouca alteração no percentual de indicações, 7 alunos afirmaram ter ouvido falar, 7 alunos afirmaram que não ouviram falar em mutação gênica e somente 1 aluno para este grupo não respondeu a esta questão. No grupo ACA1 houve 2 (13,3%) indicações para resposta sim e 13 (86,7%) alunos afirmaram não ter ouvido falar em mutação gênica. Os resultados obtidos constataram que a maioria dos estudantes entrevistados (70,0%) no pré-teste, ao final do ensino médio, não tem conhecimentos de genética básica e, às vezes, os alunos adquirem conhecimentos sobre as mutações gênicas através de filmes de ficção como “X-men” e “Quarteto Fantástico”, que apresentam “seres mutantes”. Deste modo sendo a biotecnologia uma área do saber em que se verifica o mais alto grau de fusão entre Tecnologia e Ciência (OLIVEIRA, 2003), e que têm sido frequentemente evidenciada pelos meios de comunicação (REIS, RODRIGUES e SANTOS, 2006.; LACEY, 1998), notou-se que muitos estudantes demonstraram “histórias de ficção” em temas de biotecnologia.

Neste contexto, procurou-se discutir no grupo ACA as percepções dos alunos para o tema mutação e a relação por eles estabelecidas entre o senso comum e o saber científico. Ao final do pós-teste, todos os alunos do grupo ACA2 afirmaram que já ouviram falar em mutação gênica. O fato de o aluno conhecer a terminologia para “mutação gênica”, não significa, necessariamente, que ele se apropriou do conhecimento sobre o assunto. Então foi solicitado aos alunos que explicassem as conseqüências da mutação gênica (**Tabela 10**).

**Tabela 10:** Conhecimentos sobre as conseqüências da mutação gênica.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	20,0	0	0,0	3	10,0
Parcialmente Certas	0	0,0	2	13,3	2	6,6	7	46,7	1	6,7	8	26,7
Erradas	2	13,3	2	13,3	4	13,3	3	20,0	1	6,7	4	13,3
Não sabe/não lembra	13	86,7	11	73,4	24	80,1	2	13,3	13	86,6	15	50,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os resultados indicaram que nenhum aluno do grupo ASA soube explicar corretamente as conseqüências da mutação gênica, embora 46,7% afirmaram, anteriormente, que já ouviram falar em mutação. Somente 2 (13,3%) alunos no pré-teste para o grupo

controle ASA1 e 1(6,7%) aluno no pós-teste para o grupo ASA2 responderam de forma genérica e vaga que a mutação está associada ao surgimento de “doenças gênicas” ou “Doenças e deficiência diferentes”. A maior parte dos alunos (86,6%), tanto no pré-teste (ASA1) quanto no pós-teste (ASA2), indicaram não saber quais são as consequências da mutação gênica. No grupo ASA1, 2 (13,3%) alunos responderam de forma errada e no grupo ASA2 observou-se uma indicação (6,7%) considerada resposta errada, expressando a seguinte idéia: “Eu acho que um defeito que faz na pessoa”.

O estudo da divisão celular e a confecção do idiograma, de modo geral, possibilitam uma melhor incorporação dos conceitos ligados a cromossomos e mutação gênica e foi observada uma melhora no desempenho dos alunos no pós-teste do grupo ACA2: 3 (20,0%) alunos apresentaram respostas certas como “Provocar defeitos ou doenças nos seres vivos, mas também benefícios como a variação gênica”, 9 (60,0%) alunos deram respostas parcialmente corretas como “Quando ocorre a mutação genética essa pessoa pode nascer com alguma deficiência”, 1 (20,0%) aluno teve sua indicação considerada como concepção errada em relação a mutação, com a seguinte justificativa: “Nos traz as características como olho, cabelo, etc.” e 2 (13,3%) alunos não souberam responder. Estes resultados indicam uma maior familiaridade com o tema quando comparado com os resultados do pré-teste para este mesmo grupo, pois nenhum aluno conseguiu responder de forma satisfatória as consequências da mutação gênica, 2 (13,3%) alunos responderam errado e 13 (86,7%) não souberam explicar a questão. Silveira (2004) observou que alguns alunos do ensino médio da cidade de São Paulo associam cromossomos somente à células humanas, principalmente encontrados nos os gametas.

Camargo e Infante-Malachias (2007) reconhecem a necessidade de refletir sobre o ensino de alguns tópicos de Genética Humana presentes no currículo de biologia para o ensino médio, destacando algumas possíveis abordagens com a intenção de fornecer subsídios para o trabalho do professor em sala de aula, em destaque a compreensão dos fenômenos genéticos. Segundo os autores, o estudo destes fenômenos exige a integração de vários níveis organizacionais: o molecular através, dos genes; o micro, através dos cromossomos; e o macro, representado pelas características fenotípicas e padrões de herança. Desta forma, aponta Marbach e Stavy (2000) que a elaboração de modelos feita pelos próprios alunos poderia ajudá-los na compreensão de alguns níveis organizacionais como, por exemplo, cromossomos, genes e DNA, e auxiliar o professor a desenvolver conceitos envolvendo vários níveis de organização biológicos como cromossomos, genes e DNA.

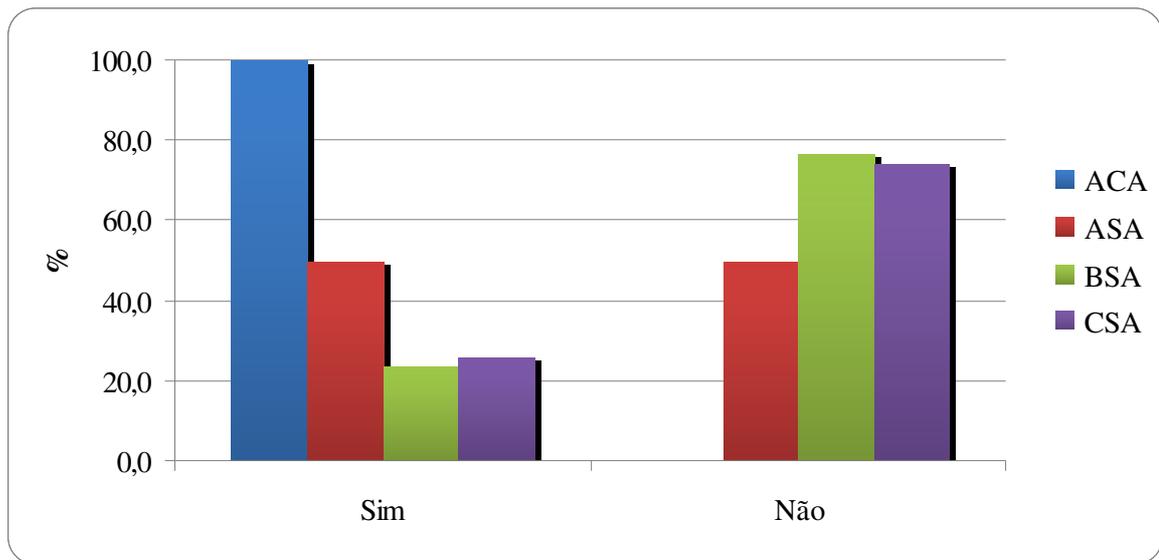
Desta forma, o tema requer maior estudo por parte dos educadores no desenvolvimento de pesquisas ligadas à genética. Diversas notícias também circulam na mídia retratando a importância das mutações nos vírus de influenza H1N1 e a pandemia de gripe A no ano de 2009 e, segundo as recomendações da Secretaria de Educação de São Paulo, mais do que saber sobre as medidas de prevenção, o importante é discutir o assunto numa abordagem mais ampla, retomando conceitos que integram a proposta curricular de biologia, como, por exemplo, os de pandemia, vacinas, antígenos e anticorpos, apresentados nos Cadernos do Professor e do Aluno da 1ª série e os de mutação e resistência a antibióticos, discutidos nos cadernos de 3ª série, entre outros. Material educativo e alguns vídeos sobre a gripe A são disponibilizados pela Rededosaber para o professor trabalhar uma situação de aprendizagem para o ensino médio.

No entanto, com toda relevância e recomendação que o tema requer, um aluno do grupo das atividades (ACA2) expressou seu conceito de mutação com a idéia *“nos dá as características mutantes onde a pessoa pode nascer transformada”*.

Desta forma, fica evidenciada a urgência da implantação e desenvolvimento de metodologias para o ensino de mutação gênica que favoreçam uma maior assimilação dos seus conceitos e que estabeleçam uma melhor relação com conteúdos de biologia, da saúde e do meio ambiente.

Assim, a compreensão dos princípios básicos da genética é fundamental para que os estudantes possam opinar de modo consciente frente às inovações introduzidas pela ciência na sociedade, colaborando assim, com o exercício da sua cidadania.

Este desconhecimento sobre o tema mutação também foi observado nas escolas B e C **(Figura 5)**.



**Figura 5:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento das consequências da mutação gênica.

A atividade seguinte avaliada foi a de síntese de proteínas, cujo objetivo era que os alunos conhecessem as etapas envolvidas neste processo (transcrição e tradução gênicas) e adquirissem conceitos básicos para a compreensão de estudos sobre síntese de proteínas largamente realizadas pela engenharia genética e que envolvem a manipulação de DNA.

Deste modo, na primeira abordagem sobre síntese de proteínas foi solicitado aos alunos se eles conheciam qual era a relação entre DNA e proteínas (**Tabela 11**):

**Tabela 11:** Indicações sobre conhecimentos da relação entre o DNA e as proteínas.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	1	7,1	1	6,7	2	6,9	12	92,3	1	6,7	13	46,4
Não	13	92,9	14	93,3	27	93,1	1	7,7	14	93,3	15	53,6
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>

A maioria dos estudantes no grupo ACA (92,9%) desconhece esta relação. Após o desenvolvimento das aulas práticas, este índice se inverteu para 92,3% dos alunos que afirmaram, agora, conhecer a relação entre a produção de proteínas e o DNA, dois alunos do grupo ACA2 do pós-teste não respondeu à questão e 1 aluno do grupo pré-teste ACA1 respondeu a essa questão. No grupo ASA1, somente 1 (7,1%) aluno afirmou ter conhecimento da relação sobre a relação entre o DNA e as proteínas, ao contrário do pós-teste que somente 1 (6,7%) aluno afirmou desconhecer essa relação.

Quanto ao grupo referência ASA, notou-se que tanto no pré-teste como no pós-teste, mais de 90% dos alunos não souberam explicar a relação existente entre o DNA e as proteínas. Estes alunos estavam tendo seus estudos ligados somente às atividades de ensino oferecidas pelo currículo oficial e percebeu-se que eles não tiveram seus conhecimentos melhorados em relação à molécula do DNA. Já o grupo ACA, que participou das atividades de ensino em biotecnologia, mostrou um incremento no conhecimento sobre os ácidos nucleicos, uma vez que foram beneficiados por uma proposta de ensino teórico-prático contextualizado e que proporcionou a simulação da visualização tridimensional da molécula do DNA, seu desdobramento para a duplicação do material genético e os processos de transcrição e tradução, com a participação do RNA.

A seguir foi pedido aos alunos que elaborassem uma explicação sobre a produção de proteínas nas células. A **Tabela 12** abaixo mostra os resultados dos pré e pós-teste para o grupo ACA e ASA.

**Tabela 12:** Conhecimentos sobre a produção de proteínas nas células.

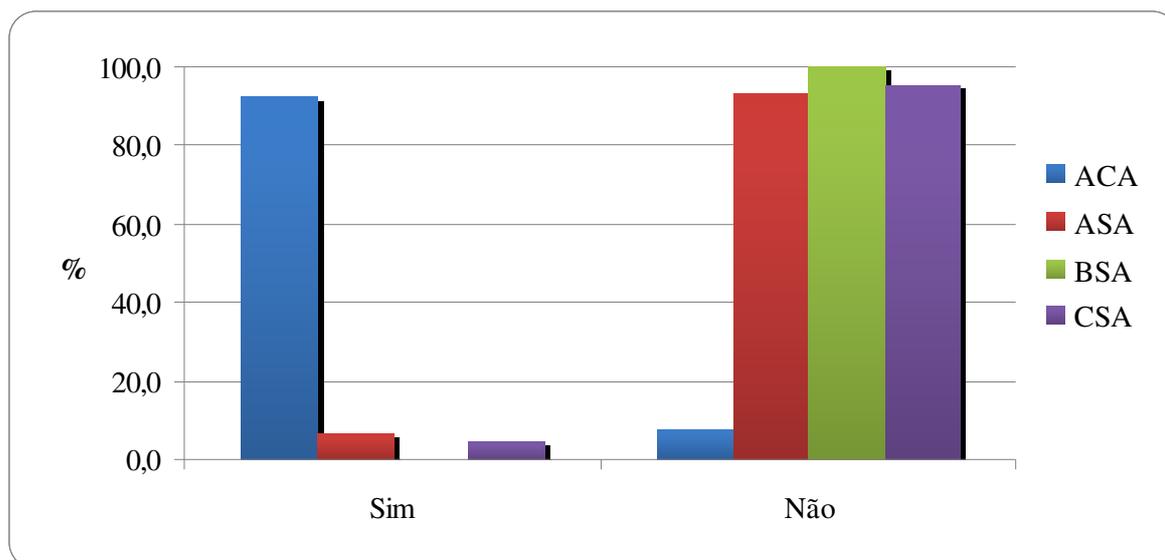
Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Parcialmente Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12	80,0	0	0,0	12	40,0
Erradas	0	0,0	2	13,3	2	6,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não sabe/não lembra	15	100,0	13	86,7	28	93,4	3	20,0	15	100,0	18	60,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Pode-se observar, então, que a simulação da estrutura molecular do DNA, os estudos do processo de divisão celular e processo da transcrição e tradução contribuíram para uma melhor aprendizagem sobre o processo de síntese protéica. No pré-teste, a maioria dos alunos (ACA e ASA) afirmou desconhecer a forma como as proteínas são produzidas nas células, sendo que 2 (13,3%) alunos do grupo referência ASA1 responderam de forma incorreta como as proteínas são formadas, respondendo “*através de alimentos que são ricos em proteínas*”. No grupo ASA2 todos os alunos não souberam explicar como as proteínas são produzidas nas células. Desta forma, a análise para as respostas do grupo referência ASA demonstrou a falta de conhecimento sobre o processo de síntese de proteínas, conforme resultados apresentados na tabela anterior. No pós-teste houve uma elevação para 80,0% (12 alunos) de respostas

parcialmente corretas somente no grupo ACA2. Estes alunos demonstraram uma melhora na compreensão da síntese protéica, uma vez que estavam participando da pesquisa e tiveram a oportunidade de estudar este assunto. Vale ressaltar que para este mesmo grupo (ACA1) indicou que todos (100,0%) alunos o desconheciam. Algumas respostas ilustram este melhor entendimento sobre a produção de proteínas como “*Através do DNA que produz o RNA mensageiro que vai ao citoplasma produzir a proteína.*” e “*Através do comando do DNA tem a formação do RNA mensageiro, com códons para identificar os aminoácidos da proteína.*”

Martho e Amabis (1998) consideram que o mecanismo de fabricação das proteínas sob o comando dos genes através do sistema de codificação genética e suas implicações é um dos assuntos que mais desafiam o professor de ensino médio, pois exige um grande esforço de abstração por parte dos alunos e dos professores para relacionar as sequências de bases do DNA com o fenótipo do organismo.

Os pesquisadores, então, elaboraram algumas atividades didáticas que possibilitam tornar mais concreto o sistema de codificação genética através de jogos lúdicos que motivam os estudantes a aprender esse tema, de fundamental importância para a compreensão do fenômeno da vida. O conhecimento, pelos professores, de propostas para atividades práticas, possibilitará uma forma alternativa de aprendizagem e assimilação de conceitos relacionados à síntese protéica, considerados pelos estudantes do ensino médio difíceis de compreensão, conforme resultado do pós-teste aplicados nas escolas A, B e C (**Figura 6**):



**Figura 6:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento da relação entre DNA e proteínas.

A próxima questão, ainda estudando as proteínas, investigou se os alunos sabiam quais as funções que elas teriam em nosso organismo, e foi obtido o seguinte resultado (**Tabela 13**)

**Tabela 13:** Indicações sobre conhecimentos das funções das proteínas no organismo.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	4	28,6	4	26,7	8	27,6	14	93,3	2	13,3	16	53,3
Não	10	71,4	11	73,3	21	72,4	1	6,7	13	86,7	14	46,7
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Dos 15 alunos participantes do pré-teste grupo ACA1, 10 (71,4%) alunos indicaram não conhecer as funções das proteínas, um aluno não respondeu e 4 (28,6%) alunos indicaram sim para esta questão. O resultado observado no pós-teste para este grupo apontou que os conhecimentos adquiridos no contexto das atividades prática de ensino podem influenciar favoravelmente as concepções dos alunos. Isto pode ser constatado quando vemos que no grupo ACA2 cerca de 93,3% (14) dos estudantes afirmaram agora conhecer o papel das proteínas para o nosso organismo e somente 1 (6,7%) aluno afirmou desconhecer estas funções. No grupo referência ASA no pré e pós-teste, o desconhecimento sobre as funções das proteínas manteve-se em torno de 80,0%, com 11 alunos no grupo ASA1 e 13 alunos no pós-teste ASA2 indicando não conhecer as atividades das proteínas.

Também foi pedido para que os alunos que afirmaram conhecer o papel das proteínas (28,6% no grupo ACA1 e 26,7% no grupo ASA1 nos pré-testes e 93,3% no grupo ACA2 e 13,3% no grupo ASA2 dos pós-testes) citassem exemplos das funções das proteínas (**Tabela 14**).

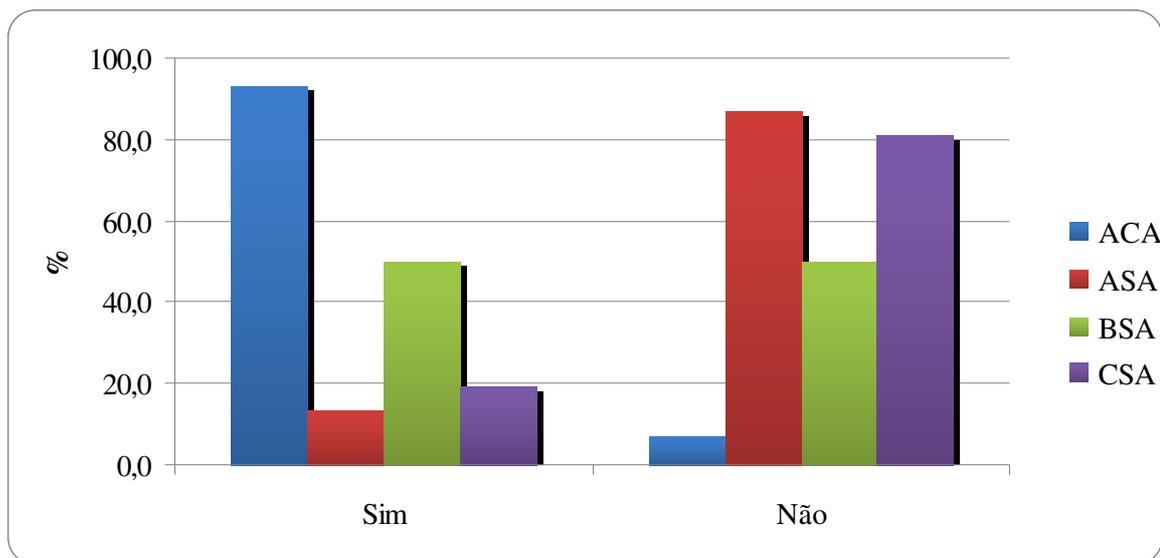
**Tabela 14:** Exemplos funções das proteínas

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	23,0	0	0,0	3	13,0
Parcialmente Certas	0	0,0	1	10,0	1	5,0	8	61,6	1	10,0	9	39,1
Erradas	2	20,0	2	20,0	4	20,0	0	0,0	1	10,0	1	4,4
Não sabe/não lembra	8	80,0	7	70,0	15	75,0	2	15,4	8	80,0	10	43,5
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

Para o grupo controle ASA, 5 alunos não responderam a essa questão tanto no pré-teste como no pós-teste. Dos alunos que responderam, 1 (10,0%) aluno no grupo ASA1 e 1 (10,0%) aluno no grupo ASA2 citaram de forma vaga o papel da proteína no crescimento e fornecimento de energia para o organismo, e somente um aluno associou a idéia de anticorpo como função protéica, citando *“Faz as pessoas crescerem e ficarem fortes”* e *“Faz a pessoa crescer e a se manter forte e saudável, ajuda no desenvolvimento de novas células e ajuda nos anticorpos”*. A maior parte dos alunos deste grupo não soube responder sobre as atividades das proteínas, sendo 7 (70,0%) alunos do grupo ASA1 e 8 (80,0%) alunos do grupo ASA2. As indicações de respostas erradas no grupo ASA1 foram de 20,0% e no ASA2 foram de 10,0%, com idéias vagas e concepções errôneas como *“as proteínas são vitaminas que ajudam a viver melhor”*.

No pré-teste do grupo ACA1, 5 alunos não responderam sobre as funções das proteínas, 2 (20,0%) alunos o fizeram de forma errônea ou equivocada e 8 (80,0%) alunos não souberam responder. Alunos de séries finais do ensino médio apresentam dificuldade no entendimento de assuntos básicos da biologia e emitem conceitos errados como: *“Algumas proteínas ajudam a prevenir doenças como, por exemplo, a laranja, que possui a proteína chamada vitamina C, onde previne contra doença como a gripe”*. Foi observado no pós-teste para este mesmo grupo (ACA2) que somente 2 (13,3%) alunos não conseguiram dar exemplos de funções das proteínas, e o desempenho conceitual sobre este tema apresentou uma melhora para 61,5% de respostas parcialmente corretas, com 3 (23,1%) alunos respondendo de forma satisfatória esta questão e reconhecendo várias funções das proteínas no organismo, como ilustra a resposta: *“As proteínas atuam no crescimento do organismo, nas atividades biológicas, na expressão dos genes, entre outros”* e 2 (15,4%) alunos ainda não conseguiram expressar um conceito correto sobre as proteínas. Os resultados indicaram novamente a dificuldade que os alunos do ensino médio apresentam em relação a conteúdos comuns deste período, como a síntese de proteínas e suas funções.

O entendimento das funções biológicas, ao nível molecular, requer o conhecimento da estrutura tridimensional e as atividades práticas procuraram estimular os alunos a refletir sobre a atividade protéica, mas grande parte dos alunos entrevistados não tem conhecimento das funções básicas das proteínas e alguns têm somente a percepção geral que elas ajudam no aumento de peso ou crescimento do organismo (**Figura 7**).



**Figura 7:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre o conhecimento das funções das proteínas.

O conceito de síntese protéica foi abordado por Silva e Calsa (2003) a partir de uma analogia prático-teórica, considerada por Campos e Nigro (1999), como uma metodologia capaz de superar a superficialidade do ensino de ciências, pois os alunos realizam as atividades de forma cada vez mais condizente com as práticas construtivas envolvidas na produção de conhecimento científico. A analogia desenvolvida pelos autores foi feita por meio de confecção de pulseiras de contas, cuja idéia era mostrar aos alunos que os aminoácidos das proteínas sintetizadas se unem e seguem uma ordem como se fossem contas num barbante. Além dos ganhos obtidos com a aprendizagem do conteúdo, as atividades práticas em grupo propiciaram atitudes positivas de cooperação entre os alunos em relação ao uso dos conceitos quanto aos procedimentos de execução da atividade. Fica, então, evidenciado que as atividades práticas favorecem uma situação de aprendizagem positiva e necessitam ser mais bem exploradas pelos educadores.

Outro tema abordado nas atividades de ensino foi estudar a relação dos micro-organismos com a biotecnologia. A maioria das pessoas sempre foi condicionada a pensar nas bactérias como sendo micro-organismos invisíveis e potencialmente perigosos.

As bactérias estão associadas a várias doenças graves e até fatais, mas somente uma pequena parcela delas é capaz de causar problemas em seres humanos, animais e plantas. A maioria é inofensiva ou até mesmo benéfica para muitos seres vivos e este entendimento não está muito presente em boa parte dos alunos do ensino médio.

Então, para verificar os conhecimentos dos alunos, foi questionado o que eles sabiam sobre as bactérias (**Tabela 15**) e qual a importância delas para o homem (**Tabela 16**).

**Tabela 15:** Conhecimentos sobre as Bactérias.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	25,0	0	0,0	3	11,0
Parcialmente Certas	3	25,0	4	36,4	7	30,5	6	50,0	4	26,6	10	37,0
Erradas	2	16,7	2	18,2	4	17,5	0	0,0	1	6,7	1	4,0
Não sabe/não lembra	7	58,3	5	45,4	12	52,0	3	25,0	10	66,7	13	48,0
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

No pré-teste para o grupo ACA1, a pergunta ‘*O que sabe sobre as bactérias?*’ foi respondida por 3 (25,0%) alunos que explicaram de forma parcialmente correta e no pós-teste, este percentual de respostas foi elevado para 66,7%. No grupo ASA1 e ASA2 cerca de 30,0% (4 alunos) emitiram conceitos considerados parcialmente corretos sobre bactérias. A seguir algumas justificativas dadas pelos alunos:

No pré-teste ACA1:

*“Que tem as boas e as ruins”*

*“São organismos microscópicos”.*

*“Que devemos ter cuidado com elas, porque se comermos algo que tem bactérias vai fazer mal para nosso organismo”.*

No pós-teste ACA2:

*“São importantes na decomposição de seres vivos, na produção de alimentos, nos estudos da biotecnologia”.*

*“Ajudam muito na produção de alimentos”.*

No pré-teste ASA1:

*“Bactérias é uns bichinhos bem pequenos que não podem ver que só pode ver em microscópio”*

*“Que bactérias vivem na sujeira e fazem mal ao nosso organismo”*

No Pós-teste ASA2:

*“Algo que pode ameaçar nossa saúde”*

Nota-se o baixo grau de familiarização dos alunos com o tema "micro-organismos", evidenciando a superficialidade conceitual em que estes alunos do ensino médio se encontram.

A proposta de ensino desta pesquisa apresentou o tema "Bactérias e Fungos" como objeto de aprendizagem que permitiu um maior aprofundamento conceitual, como notado nas respostas do grupo ACA2. Sobre esta constatação, Libâneo (2004) também considera que a escola continua sendo o lugar de mediação cultural, cabendo aos educadores investigar como ajudar os alunos a se constituírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com os conceitos, argumentar em faces de dilema e problemas da vida prática.

Observou-se, também, que 2 (16,7%) alunos no grupo ASA1 e 1 (6,7%) aluno no grupo ASA2 emitiram conceitos errados para esta questão como "*Bactéria é tipo um vírus que entra no nosso organismo que pode causar doenças e problemas de saúde*" e este erro conceitual não foi observado no grupo ACA2, com índice zero de respostas erradas. No pré-teste deste último grupo foram registradas 2 (16,7%) respostas consideradas erradas. No grupo ACA1 7 (58,3%) alunos não souberam explicar sobre bactérias e 3 alunos não responderam. Para o grupo ACA2, notou-se uma diminuição para 3 (25,0%) alunos que não souberam explicar esta questão e com nenhuma ausência de resposta. Para o grupo ASA1, 5 (45,4%) alunos não souberam responder e 4 alunos não responderam e este desconhecimento sobre o tema se manteve no pós-teste com 10 (66,7%) alunos que não responderam no grupo ASA2. Notou-se, então, que os dois grupos ASA1 e ACA1 não dominam os conhecimentos no pré-teste, sendo que as diferenças entre as categorias não são estatisticamente significativas ( $\chi^2_o = 7.462$ ,  $p = 0.0240$ ,  $\chi^2_c = 5,991$ ,  $gl = 3$  e para  $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 16:** Conhecimentos sobre a importância das bactérias para os seres humanos.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	3,4
Parcialmente Certas	1	6,7	0	0,0	1	3,4	10	66,7	0	0,0	10	33,3
Erradas	4	26,6	3	20,0	7	23,3	0	0,0	3	20,0	3	10,0
Não sabe/não lembra	10	66,7	12	80,0	22	73,3	4	26,6	12	80,0	16	53,3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os alunos, a partir das experiências práticas, puderam notar a importância das bactérias para a vida humana e sua aplicação na biotecnologia, desmistificando, assim, a ideia de bactérias estarem associadas somente a doenças e sujeira. Fato não observado no grupo referência ASA, que na sua maioria não soube explicar a importância das bactérias para o homem. Conforme apontou a **Tabela 16**, 3 (20,0%) alunos, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, para os grupos ASA1 e ASA2, indicaram como importância das bactérias, sua associação às doenças e sujeiras. Para o grupo ACA1, 10 (66,7%) alunos não sabiam dar exemplos de funções das bactérias para o homem. Somente 1 (6,7%) aluno respondeu de forma vaga e parcialmente correta essa questão, indicando “*Que são micro-organismos importantes para o homem*”, enquanto que no pós-teste, houve uma elevação para cerca de 66,7% dos alunos que declararam conhecer sobre a importância das bactérias. Não houve indicação de respostas erradas para o grupo ACA2, mas 4 (26,6%) alunos não responderam, o que indica que o tema necessita de um maior aprofundamento e melhor avaliação para investigar o “porquê” destas ausências de respostas do grupo participante das atividades.

Notou-se no pré-teste o desconhecimento dos alunos sobre as bactérias. Algumas das justificativas para explicar a sua importância para o homem estavam relacionadas a malefícios, como doenças. Entretanto, no pós-teste, o foco das justificativas foram os benefícios que as bactérias poderiam trazer para o ambiente e sua aplicação na biotecnologia, principalmente na produção da insulina. E também foi comentado sobre a sua estrutura celular anuclear, o que não foi citado no pré-teste. Veja, a seguir, algumas justificativas dadas pelos alunos:

No pré-teste ACA1:

*“Que são microorganismos importantes para o homem”.*

*“Nenhuma, pois a bactéria só faz mal”.*

*“Acho que não tem importância nenhuma”.*

No pós-teste ACA2:

*“A bactérias manipuladas em laboratórios pode ajudar na produção de insulina para os diabéticos”*

*“A bactéria pode produzir insulina para os seres vivos”.*

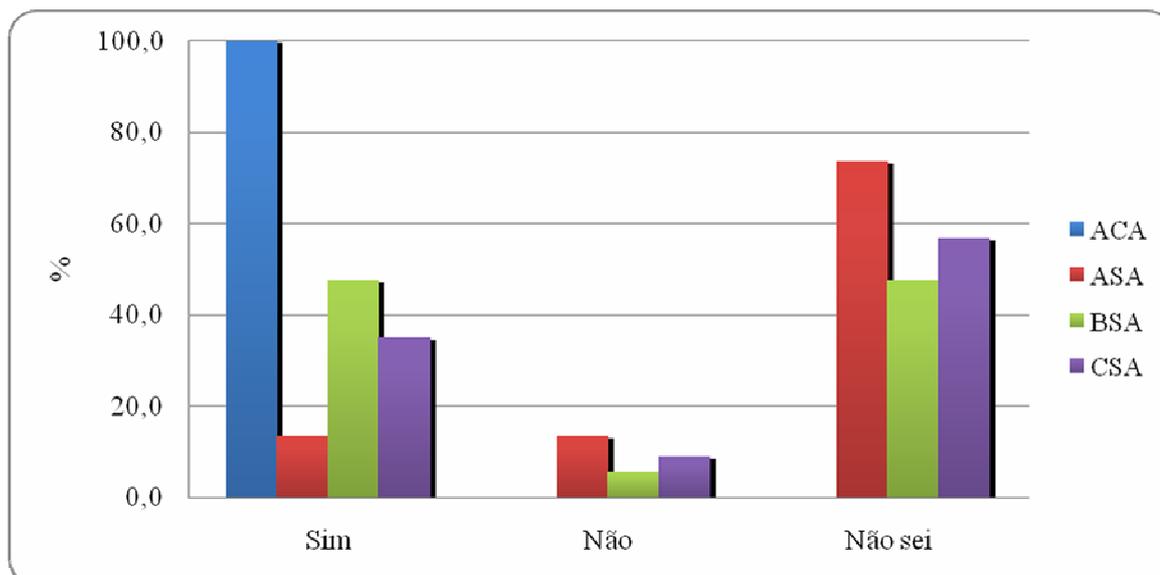
*“As bactérias podem provocar doença mas também podem produzir remédios para o homem”.*

Com relação ao consumo de algum alimento produzido por bactérias, os alunos apresentaram o seguinte resultado expresso na tabela **Tabela 17**:

**Tabela 17:** Indicações se já consumiram algum alimento produzido por bactérias.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	1	6,7	3	20,0	4	13,3	15	100,0	2	13,3	17	56,7
Não	1	6,7	3	20,0	4	13,3	0	0,0	2	13,3	2	6,6
Não sei	13	86,7	9	60,0	22	73,3	0	0,0	11	73,3	11	36,7
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Mais uma vez, pode-se notar um bom resultado em relação ao crescimento do número de respostas satisfatórias. Foi registrado, para o grupo com atividades práticas ACA1 no pré-teste, um percentual de 86,7% de alunos que não sabiam se comiam alimentos produzidos por bactérias e este desconhecimento foi nulo no pós-teste (ACA2) após a aplicação da proposta de ensino que estimulou a reflexão sobre alguns alimentos consumidos no dia-a-dia. Também foi observado um aumento do número de alunos que, após a participação das aulas de educação em biotecnologia, agora relatam conhecer estes alimentos de 100,0% no pós-teste (ACA2) em comparação aos 6,7% no pré-teste (ACA1). No grupo referência ASA, que somente estavam sendo trabalhados os conteúdos da proposta curricular tradicional de ensino, observou-se que o desconhecimento sobre o tema se manteve tanto no pré-teste (ASA1) como no pós-teste (ASA2) em cerca de 70,0% dos alunos com 3 (20,0%) alunos afirmando não consumir alimentos produzidos por bactérias no grupo ASA1 e 2 (13,3%) alunos no grupo ASA2. As diferenças entre as frequências das categorias para este grupo de referência não são estatisticamente diferentes ( $\chi^2_o = 4.023$ ,  $p = 0.1338$ ,  $\chi^2_c = 5,991$ ,  $gl = 2$  e para  $p \leq 0,05$ ). Para o grupo ASA1 e grupo ASA2, o percentual de alunos que afirmaram saber ter consumido algum alimento produzido por bactérias foi cerca de 10,0%, e para o grupo ACA2 no pós-teste com a PEB este percentual elevou-se para 100,0%, com todos os alunos afirmando conhecer algum alimento que tenham consumido produzido por bactérias. O desempenho dos alunos da escola A, B e C no pós-teste sobre o consumo de alimentos resultantes da atividade bacteriana é observado na **Figura 8**:



**Figura 8:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já consumiram algum alimento produzido por bactérias.

A última questão envolvendo o tema bactérias estava relacionada à pergunta anterior e solicitava aos alunos para citar qual alimento produzido por bactérias eles já haviam consumido (**Tabela 18**). Para um melhor entendimento sobre o tema foram apresentados para os alunos vários potes de iogurte para que os mesmos analisassem as informações na embalagem sobre a presença de lactobacilos, que fazem bem ao organismo. Assim, com essa atividade prática envolvendo o cotidiano dos alunos, eles passaram a perceberem que a ciência que se estuda dentro da sala de aula pode estar relacionada com práticas de seu cotidiano.

**Tabela 18:** Indicações de alimentos consumidos que foram produzidos por bactérias.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Iogurte	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15	100,0	0	0,0	1	3,4
Yakult	0	0,0	1	6,7	1	3,4	0	0,0	0	0,0	10	33,3
Outros	0	0,0	1	6,7	1	3,4	0	0,0	1	6,7	3	10,0
Não sabe	15	100,0	13	86,6	28	93,2	0	0,0	14	93,3	16	53,3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

As atividades de ensino apresentando exemplos do cotidiano dos alunos possibilitam um ganho de aprendizagem, pois, observou-se no pré-teste que nenhum aluno do grupo ACA1

conseguiu exemplificar algum tipo de alimento produzido por bactérias. Mas com a atividade prática da análise de alguns alimentos, todos os alunos citaram o iogurte como exemplo no pós-teste (ACA2), logicamente, devido à análise feita das embalagens de iogurtes que foram objetos de estudo em sala de aula.

A proposta de ensino foi uma ferramenta facilitadora para o entendimento sobre o tema “aplicação de micro-organismo na sociedade” e requer mais atenção por parte dos educadores, com apresentação de mais exemplos de aplicação, como produção de antibióticos; indústria alimentícia: queijo, cerveja, vinagre; ação decompositora; degradação de poluentes; entre outros.

Este desconhecimento sobre a participação de micro-organismo na sociedade e no meio ambiente foi também observado nas outras escolas colaboradoras que participaram do pós-teste, conforme dados apresentados na **Figura 9**.

Os micro-organismos fazem parte do cotidiano dos alunos e, embora não os possam vê-los, os resultados da sua ação são bem palpáveis e devem ser explorados pelos educadores, pois, novamente, pode-se observar o desconhecimento sobre o tema no grupo referência ASA, pois somente 2 (13,4%) alunos citaram que comeram algum alimento produzido por bactérias, 1 (6,7%) aluno do grupo ASA1 citou o yakuti, mas isto não foi lembrado no pós-teste para o mesmo grupo. Outro aluno (ASA1) citou “sanduíche” e manteve esta opinião no pós-teste (ASA2) e a maioria dos alunos, cerca de 90,0%, tanto do grupo ASA1, como do grupo ASA2, continuou não sabendo exemplificar algum alimento produzido por bactérias.

Deste modo, a simples presença do pote de iogurte permitiu em sala de aula relacionar a matéria que estava sendo estudada com o dia-a-dia dos alunos, com algo que eles comem no seu cotidiano. Conforme citam Baloti e Kindel (2003), os alunos puderam perceber que não estavam presentes na aula somente para ouvir uma aula expositiva, e sim, para aprender algo relacionado às suas vidas.

Dando seqüência aos estudos dos micro-organismos foi perguntado aos alunos o que eles sabiam sobre os fungos (**Tabela 19**).

**Tabela 19:** Conhecimentos sobre Fungos.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	25,0	0	0,0	3	11,0
Parcialmente Certas	2	13,3	1	6,7	3	10,0	9	75,0	1	6,7	10	37,0
Erradas	2	13,3	2	13,4	4	13,3	0	0,0	1	6,7	1	4,0
Não sabe/não lembra	11	73,4	12	79,9	23	76,7	0	0,0	13	86,6	13	48,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

O conhecimento inicial dos alunos do grupo ACA1 verificado no pré-teste foi muito baixo, pois 11 (73,4%) alunos não souberam responder e os alunos (13,3%) que o fizeram, apresentaram conceitos vagos e sem clareza na conceituação de fungos como: *“Fungos são aquelas manchas pretas que aparecem devido a muita umidade em certo lugar”* e *“que nascem em outros organismos”*; 2 (13,3%) alunos deram respostas erradas como *“São bactérias que causam doenças.”*. Já, no pós-teste (ACA2), após o estudo dos fungos e a aplicação da atividade prática como a fabricação do pão, os alunos apresentaram um melhor desempenho no conhecimento sobre o tema, com 3 (25,0%) alunos apresentando um conceito satisfatório sobre fungos e 9 (75,0%) alunos com respostas consideradas parcialmente corretas para o tema como *“são micro-organismos utilizados pelo homem na biotecnologia”* e que *“São micro-organismos que se alimentam de outras matérias.”*. Embora 3 alunos para o grupo ACA2 não responderam a essa questão indicando que o tema ainda merece maior aprofundamento em pesquisa de metodologias que favoreçam sua aprendizagem.

Algumas justificativas apresentadas no pré-teste foram:

*“que nascem em outros organismos”.*

*“São pequenas partículas de bichinho. eu acho”.*

*“Fungos são aquelas manchas pretas que aparecem devido a muita umidade em certo lugar”.*

Observe que as justificativas abaixo, elaboradas no pós-teste (ACA), melhoraram muito, mas o tema ainda merece maior aprofundamento em pesquisa de metodologias que favoreçam a aprendizagem.

*“são microorganismos utilizados pelo homem na biotecnologia”.*

*“Os fungos são como as bactérias servem também para produzir alimentos e outras coisas”.*

*“Os fungos servem para produzir alimentos”.*

*“Fungos podem causar doenças”*

*“São microorganismos úteis ao homem, ajudam a produzir remédios”.*

*“Que são organismos que se alimentam de outras matérias”.*

O resultado com pior desempenho foi constatado nas respostas dos alunos do grupo sem atividades práticas de ensino ASA. Somente 1 (6,7%) aluno citou no pré-teste (ASA 1) e no pós-teste (ASA2), que o fungo pode trazer benefício a sociedade como produzir alimentos, e 2 (13,4%) alunos no pré-teste ASA1 e 1 (6,7%) aluno no pós-teste ASA2 confundiram fungos com bactérias conforme ilustram os exemplos: *”São pequenas partículas de bactérias”* e *“O que eu sei sobre fungos é que são causados por bactérias que contaminam os alimentos”*.

A maioria dos alunos tanto para ASA1 (79,9%) quanto para ASA2 (86,6%) não souberam responder a essa questão. As diferenças entre as frequências das indicações das respostas não são estatisticamente significativas ( $\chi^2_{o} = 2.503$ ,  $p = 0.2861$ ,  $\chi^2_{c} = 5,991$ ,  $gl = 2$  e para  $p \leq 0,05$ ).

Este grande desconhecimento dos alunos leva a crer que o tema micro-organismos muitas vezes é negligenciado, com a desculpa de as escolas não terem equipamentos de laboratório para desenvolver aulas práticas. Com as atividades de ensino propostas na pesquisa, os alunos puderam descobrir os benefícios ou problemas que os micro-organismos podem causar aos seres vivos e ao meio ambiente.

Para verificar o conhecimento da aplicação dos fungos, foi solicitado aos alunos que relatassem se já haviam consumido algum alimento que pudesse ser produzido por estes micro-organismo (**Tabela 20**).

**Tabela 20:** Indicações se já consumiram algum alimento produzido por fungos.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	2	13,3	2	14,3	4	13,8	15	100,0	1	7,7	16	57,1
Não	3	20,0	3	21,4	6	20,7	0	0,0	4	30,8	4	14,3
Não sei	10	66,7	9	64,3	19	65,5	0	0,0	8	61,5	8	28,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>

No pré-teste no grupo ACA1 somente 2 (13,3%) alunos afirmaram ter consumido algum alimento produzido por fungos, 10 (66,7%) alunos disseram não saber especificar se haviam consumido e 3 (20,0%) relataram que não haviam consumido. Este resultado modificou-se completamente após a atividade da fermentação alcoólica para a fabricação do pão, pois foi observado no pós-teste que agora 100,0% dos alunos (ACA2) perceberam que é bastante comum utilizar alimentos produzidos em função das atividades dos fungos. Esta proposta de ensino foi uma ferramenta colaboradora na aprendizagem, no aprimoramento e na apropriação de conhecimentos sobre estes micro-organismos e sua utilidade para o homem. No grupo ASA1, 2 (13,3%) alunos indicaram que já haviam consumido alimento produzido por fungos e 3 (21,4%) alunos indicaram não ter consumido, sendo que 10 (66,7%) alunos não souberam responder esta questão. No pós-teste para este grupo de atividades de ensino regular observou-se o baixo conhecimento sobre o assunto sendo que apenas 1 (7,7%) aluno afirmou ter consumido algum alimento produzido por fungos, 4 (14,3%) alunos afirmaram não ter consumido e 8 (61,5%) alunos não souberam responder a esta questão.

Desta forma, observa-se em ASA1 e ASA2 que não há mudança de ganho de aprendizagem pelo ensino regular, sendo que as diferenças das indicações das respostas não são estatisticamente significativas ( $\chi^2_o = 3.742$ ,  $p=0.1540$ ,  $\chi^2_c = 5,991$ ,  $gl = 2$  e para  $p \leq 0,05$ ).

Vale destacar que a melhora no desempenho dos alunos após as atividades práticas foi evidenciado e mostrado na **Tabela 21**, quando foi pedido aos alunos que identificasse e exemplificasse algum alimento, ingerido por eles, de procedência da atividade da produção por fungos.

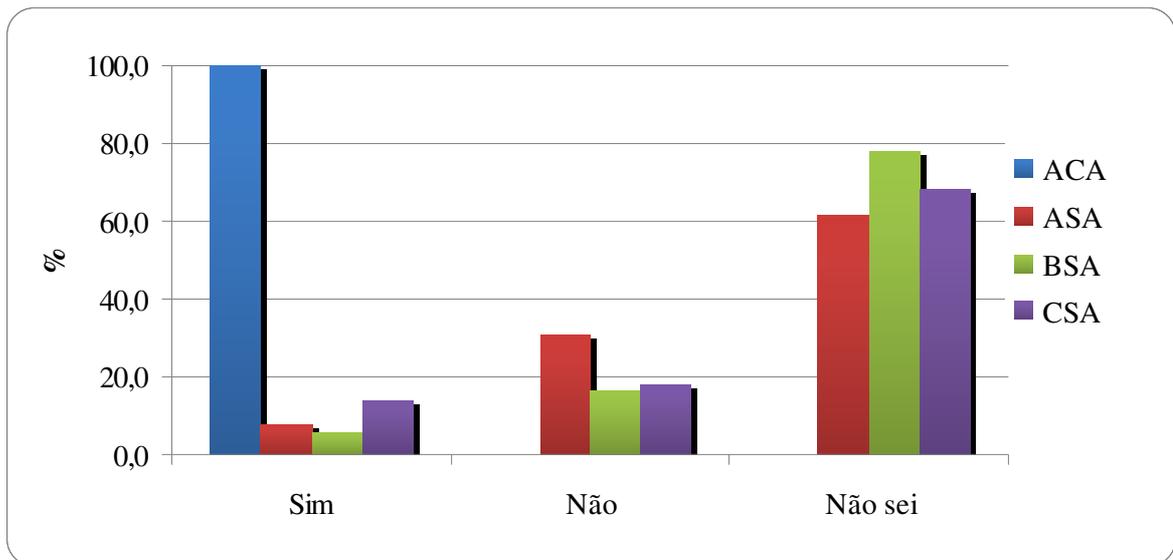
**Tabela 21:** Indicações de alimentos consumidos que foram produzidos por fungos.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Iogurte	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15	100,0	0	0,0	15	75,0
Yakult	1	20,0	1	20,0	2	20,0	0	0,0	1	20,0	1	5,0
Outros	1	20,0	1	20,0	2	20,0	0	0,0	1	20,0	1	5,0
Não sabe	3	60,0	3	60,0	6	60,0	0	0,0	3	60,0	3	15,0
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

. No pré-teste para o grupo ACA1, 3 (60,0%) alunos não sabiam se já haviam consumido alimentos produzidos por fungos; 1 (20,0%) aluno, afirmou ingerir queijo e 1 (20,0%) aluno de forma equivocada, citou o iogurte como produtos da atividade fúngica (categoria outros) e 10 alunos não responderam. Já os resultados do pós-teste (ACA2) demonstraram que todos os alunos (100,0%) perceberam que consomem alimentos produzidos com a participação dos fungos, citando o pão como exemplo. A atividade de fabricação do pão contribuiu para um melhor entendimento sobre os fungos, fato não observado no grupo ASA que só tinha conhecimentos das aulas do ensino da proposta curricular oficial. Em ASA1 e ASA2 10 alunos não responderam e os que responderam, citaram o queijo como alimento produzido por fungos.

Pode-se também observar que o desempenho sobre microbiologia dos alunos entrevistados das séries finais pertencentes às 3 escolas de ensino médio é muito baixo (**Figura 9**). Desta forma, com a metodologia proposta para o ensino em biotecnologia com análise de alimentos comuns, como iogurte e a fermentação do pão, foi possível desmistificar a idéia de senso comum de que as bactérias e os fungos são todos prejudiciais.

Rosa (2004), então, considera fundamental para a aprendizagem uma aproximação entre os conteúdos teóricos vistos em aula e a vivência dos estudantes, julgando ser os conteúdos ligados ao cotidiano dos alunos os temas mais importantes a serem selecionados para a aula. Com isso o aluno pode perceber que a ciência que se estuda dentro da sala de aula é aquela que vai explicar; questionar ou possibilitar o entendimento de vários fenômenos que estão acostumados a ver, ouvir e sentir a cada momento, fora do ambiente escolar.



**Figura 9:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já consumiram algum alimento produzido por fungos.

Esta falta de conexão entre teoria e vivência prática também foi observada em grande parte das escolas. A metodologia para o ensino da biologia, na forma em que vem sendo ministrada, não possibilita que o aluno desenvolva uma aprendizagem efetiva dos conteúdos escolares, pois na maioria dos casos está presente um estado de passividade frente a um ensino conteudista e reforçado por avaliações que somente cobram a capacidade de memorização fazendo com que o aluno perca o interesse frente a componentes curriculares que nada tem a ver com a sua vida. Uma observação interessante constatada durante a execução da PEB foi a ausência de problemas indisciplinados durante as atividades. Os alunos ficaram bastante atentos a todas as atividades e se mostraram muito entusiasmados em discutir e conhecer o que lhes eram apresentados. Para exemplificar, durante o processo de fermentação para a fabricação do pão eles emitiam opiniões, observavam atentamente o crescimento da massa de pão e fizeram comparações com os pães produzidos pelas “avós” que cobriam as formas com panos. Enfim, ficaram atraídos pela atividade. Este comprometimento é comentado por Rosa (2004) que associa a displicência dos alunos, a desordem e a conversa paralela à ausência de atividades consistentes e de abordagens instigantes dos conhecimentos. Segundo a autora, uma forma de minimizar problemas com indisciplina é a realização de um planejamento cuidadoso e a seriedade no desenvolvimento das aulas, demonstrando compromisso não só com o conteúdo, mas também com a formação geral dos alunos favorecendo um ambiente de aprendizagem com respeito e envolvimento da classe.

Desse modo, conforme os resultados observados há uma necessidade muito grande de desenvolvimento de metodologias para o ensino de biologia, utilizando-se de materiais de baixo custo, visando melhores condições de ensino e que possa proporcionar ao aluno um ambiente de aprendizagem atraente e com um maior contato mais próximo da sua realidade diária.

A PEB, então, procurou desenvolver atividades diferenciadas e instigantes que atendesse às recomendações do PCN+, a qual considera a aprendizagem da biologia na escola básica, caracterizada pelo entendimento sobre o mundo vivo e a forma pela qual o ser humano se relaciona com a natureza e as transformações que nele promove. Conforme apontam os Parâmetros Curriculares, os estudantes devem ser estimulados a observar e conhecer os fenômenos biológicos, a descrevê-los utilizando alguma nomenclatura científica, a elaborar explicações sobre os processos e confrontá-las com explicações científicas. Para o PCN+, a situação de aprendizagem, muitas vezes lúdica, é marcada pela interação direta com os fenômenos, os fatos e as coisas. Dentro desta perspectiva de ensino, torna-se necessário a implantação de programas de educação que envolva a difusão da biotecnologia, para que seja possível corrigir essas deficiências que levam a um baixo desempenho, e que proporcionam, aos alunos, um conhecimento mais completo acerca do saber biotecnológico.

As questões seguintes objetivaram diagnosticar os principais conceitos sobre biotecnologia e suas aplicações, desde a biotecnologia clássica à biotecnologia molecular. Para tanto, demos ênfase nas principais técnicas utilizadas e na aplicabilidade dessa área em vários setores, como saúde, agronomia, e fabricação de alimentos. Inicialmente foi perguntado se os alunos já haviam ouvido falar em biotecnologia (**Tabela 22**).

**Tabela 22:** Indicações se já ouviram falar em biotecnologia.

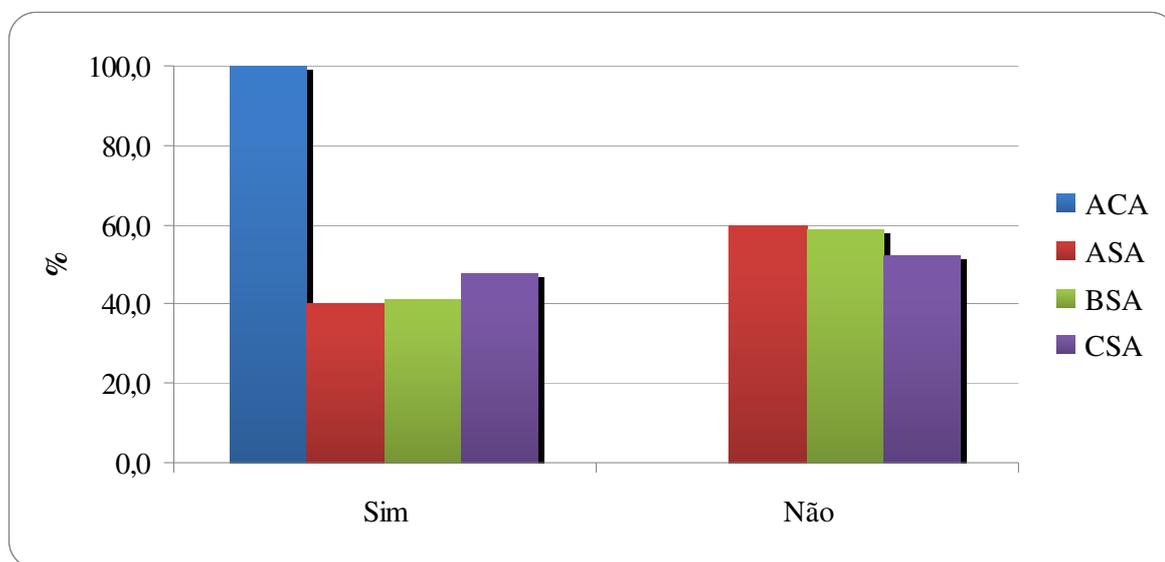
Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	6	40,0	3	20,0	9	30,0	15	100,0	6	40,0	21	70,0
Não	9	60,0	12	80,0	21	70,0	0	0,0	9	60,0	9	30,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os resultados indicaram que 40,0% dos alunos no pré-teste para o grupo ACA1 conheciam o termo biotecnologia e, após a aplicação da pesquisa, este percentual de entendimento elevou-se para 100,0% (ACA2), sendo que, inicialmente, no grupo ACA1 9

(60,0%) alunos desconheciam a biotecnologia. No grupo ASA1, 3 (20,0%) alunos afirmaram ouvir falar em biotecnologia e 12 (80,0%) alunos não conheciam biotecnologia. Este percentual foi um pouco alterado no grupo ASA2, pois se observou que 6 (40,0%) alunos afirmaram ouvir falar em biotecnologia, enquanto que 9 (60,0%) alunos não conheciam.

Em relação às outras escolas, pode-se notar que também cerca de 40% dos alunos afirmou conhecer a biotecnologia (**Figura 10**), embora este conteúdo já devesse ser de domínio destes alunos, pois estava na proposta curricular do ensino oficial para ser desenvolvido nas segundas séries do ensino médio. Segundo Loreto e Sepel (2006) a biotecnologia está presente em noticiários, documentários de TV e em diversas publicações. Os professores de biologia da rede de ensino médio devem estar preparados e atualizados, para poderem discutir com os alunos os avanços dessa área de conhecimento e suas implicações para a sociedade.

Desta forma, esperava-se um índice maior de conhecimento e constatou-se que mesmo presentes em quase todas as atividades humanas, a biotecnologia, como ciência e nova tecnologia, ainda está distante do ambiente escolar, tanto para os alunos (**Figura 10**) quanto também, para os professores de biologia (GUIMARÃES, 2008).



**Figura 10:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em Biotecnologia.

Para verificar melhor o entendimento dos alunos sobre o tema biotecnologia também, foi solicitada ao aluno que explicasse o que é a biotecnologia (**Tabela 23**).

**Tabela 23:** Conhecimentos sobre o que é biotecnologia.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Parcialmente Certas	2	13,3	2	13,3	4	13,3	15	100,0	1	6,7	16	53,3
Erradas	5	33,3	0	0,0	5	16,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não sabe/não lembra	8	53,4	13	86,7	21	70,0	0	0,0	14	93,3	14	46,7
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os resultados para o grupo controle ASA demonstraram que no pré-teste (ASA1) a maioria dos alunos (86,7%) não soube responder o que era biotecnologia e 13,3% dos alunos associaram-na com tecnologias da biologia como “São estudos feitos através da tecnologia” e este índice de desconhecimento se manteve constante no pós-teste (ASA2), com 1 (6,7%) aluno apresentando uma definição vaga de biotecnologia como “É um grande desenvolvimento tecnológico na área da biologia” e 14 (93,3%) alunos não souberam responder a esta questão.

Para o grupo ACA1, 2 (13,3%) alunos responderam de forma parcialmente correta conforme a justificativa: “é uma ciência que trabalha com genética” e 5 (33,4%) alunos responderam de forma errada e superficial como “São aparelhos usados na genética”. Mais da metade dos alunos (53,4%) não soube responder. Vale destacar que as respostas formuladas por esses alunos são vagas e não identificam a aplicação da biotecnologia na sociedade.

No pós-teste para o grupo ACA2, onde 100,0% dos alunos apresentaram um conceito de biotecnologia, notou-se que ela foi definida utilizando-se de analogia com a biologia e o seu caráter multidisciplinar, também foi mencionada a aplicação de tecnologias para beneficiar a sociedade. Em suas palavras, biotecnologia é:

*“Biotecnologia é uma ciência que abrange várias outras disciplinas ligadas a Biologia, nos ajuda da descobrir algo que possa trazer um bem maior a humanidade”.*

*“É uma ciência que estuda os seres vivos e sua aplicação para o homem através de várias outras disciplinas: engenharia, biologia, química, física”.*

*“É uma ciência que se baseia em outras áreas para estudar os seres vivos, com o fim de trazer bens para a sociedade”.*

De modo geral, os resultados de aproveitamento para o grupo ACA2 foram considerados satisfatórios, pois foi observado um crescimento significativo no número de respostas parcialmente certas, além de uma evolução na maneira de pensar dos alunos, demonstrada por frases melhor elaboradas no pós-teste em comparação com o pré-teste, e também das respostas e opiniões dadas durante as aulas.

Os resultados indicaram que 13 (86,7%) alunos antes de participar da pesquisa (ACA1), não responderam ou erraram a questão sobre o que era biotecnologia e no pós-teste (ACA2) todos os alunos tinham opiniões sobre a conceituação da biotecnologia, embora fossem consideradas parcialmente certas indicando a necessidade de se investir mais sobre o assunto no ensino médio por meio de mais atividades práticas, visitas a laboratórios de pesquisa, Universidades, entre outros. Segundo Takahashi, Martins e Quadros (2008), a biotecnologia é um termo cada vez mais abrangente na sociedade, envolvendo o desenvolvimento de técnicas, produtos ou processos utilizando organismos vivos ou partes destes. É uma área multidisciplinar que se desenvolve englobando diversas áreas do conhecimento como genética, bioquímica, agronomia, microbiologia, farmacologia, química, imunologia, entre outras. É muito conhecida pelas pesquisas que resultaram na fabricação de vacinas, soros, alimentos fermentados como queijos, pães e bebidas, enzimas para diversos fins e antibióticos, entre outros fármacos importantes. Todavia, a biotecnologia tem se desenvolvido rapidamente, graças principalmente aos avanços da engenharia genética. No entanto, apesar de gerar um número grande de inovações e com grande rapidez, a biotecnologia parece cada vez mais difícil de ser entendida pelo cidadão comum que, na grande maioria das vezes, é usuário passivo dos avanços dessa área.

As atividades de ensino em biotecnologia, então, devem propiciar uma maior aproximação da comunidade científica e da comunidade escolar, por intermédio de estudos recíprocos sobre ciência, tecnologia, ambiente, saúde e qualidade de vida, que favoreçam no ambiente escolar, a articulação dos estudantes como atores sociais que vão participar das questões resultantes das interferências que as novas tecnologias provocarão na sociedade. Frente a esses estudos foram perguntados aos alunos quais seriam as suas opiniões sobre a biotecnologia. Buscou-se interpretar as respostas dadas pelos alunos à questão, de forma que foram organizadas segundo as categorias apresentadas na **Tabela 24**, sendo que respostas como remédios, produtos para curar doenças foram designadas por fármacos e o estudo de várias disciplinas citadas pelos alunos caracterizou-se por área multidisciplinar:

**Tabela 24:** Opinião sobre a biotecnologia.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pré-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
-Aplicabilidade: saúde, fármacos, alimentos.	2	13,3	0	0,0	2	6,7	9	60,0	0	0,0	9	30,0
- Área multidisciplinar	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	20,0	0	0,0	3	10,0
-Clonagem.	3	20,0	0	0,0	3	10,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
-Não sabe, não lembra.	8	53,4	13	86,7	21	70,0	2	13,3	14	93,3	16	53,4
-Outras	2	13,3	2	13,3	4	13,3	0	0,0	1	6,7	1	3,3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Observa-se para o grupo ASA1 e ASA2 que os alunos, na sua maioria, cerca de 90%, não souberam expressar uma opinião sobre a biotecnologia e, os que emitiram uma opinião, fizeram-na de maneira superficial e inconsistente como *“Muito interessante, pois estar atualizado é sempre útil”*.

No pré-teste para o grupo ACA1, mais da metade dos alunos (53,3%) não souberam responder a essa questão, 3 (20,0%) alunos fizeram uma analogia da biotecnologia com a biologia e 1 (6,7%) aluno respondeu de forma inconsistente como *“Seria algo relacionado na tecnologia com Biologia”*. Verificou-se no pós-teste ACA2, em comparação com o pré-teste ACA1, que houve um incremento no percentual de alunos que reconhecem a biotecnologia como ciência que vai beneficiar a sociedade em diversas áreas, principalmente na área da saúde; de 13,3% no pré-teste ACA1, esta percepção foi para 60,0% no pós-teste ACA2. O número de alunos que não sabiam opinar foi reduzido de 53,4% (ACA1) para 13,3% (ACA2). Também se verificou que 3 (20,0%) alunos identificaram o caráter multidisciplinar da biotecnologia e 1 (6,7%) aluno relatou a utilização de novas tecnologias como clonagem e outras, demonstrando que puderam se apropriar de conceitos que favoreceram a expressão de suas idéias sobre as novas tecnologias. Algumas respostas abaixo ilustram a categoria predominante de resposta no pós-teste ACA2:

*“A biotecnologia é muito importante para o dia-a-dia, pois ela nos oferece remédios, alimentos, etc.”.*

*“É uma área da ciência que vai ajudar o país, por meio de tecnologia moderna que pode trazer soluções para várias coisas”.*

*“A biotecnologia trabalha com agentes biológicos importantes para o desenvolvimento da sociedade”.*

As respostas analisadas no pós-teste estavam pertinentes ao tema, mas as idéias foram fragmentadas, conforme ilustradas anteriormente. A biotecnologia foi vista, por alguns, como uma ciência multidisciplinar. A maioria dos alunos deu ênfase à sua aplicação em vários setores da sociedade. Um aluno fez analogia com a biologia. Dessa forma, há necessidade da presença de elementos conceituais em biotecnologia no ensino regular, dada a relevância do tema no contexto social atual. Também foi solicitado que os alunos apresentassem alguns exemplos da aplicação da biotecnologia (**Tabela 25**).

**Tabela 25:** Exemplos de aplicação da biotecnologia

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pré-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
-Variados: transgênicos, produção de remédios, alimentos.	1	6,6	0	0,0	1	3,3	10	66,7	0	0,0	9	30,0
-Clonagem	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,6	0	0,0	3	10,0
-Testes de DNA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,6	0	0,0	1	3,3
-Transgênicos	1	6,6	0	0,0	1	3,3	1	6,6	0	0,0	16	53,4
-Não sabe, não lembra.	13	86,8	15	100,0	28	93,4	2	13,5	15	100,0	1	3,3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

A maioria dos alunos (86,8%) do grupo ACA1 no pré-teste não soube dar exemplos de aplicação da biotecnologia, enquanto que apenas e somente 1 (6,6%) aluno citou os alimentos transgênicos e outro (6,6%) citou o mesmo exemplo acrescido da produção de remédios. Já, o mesmo grupo ACA2, na situação de pós-teste, que tiveram a oportunidade de participarem dos estudos em biotecnologia, apresentou na sua totalidade, alguns exemplos da aplicação da biotecnologia, sendo que 66,7 % deram exemplos variados como clonagem, transgênicos, produção de fármacos, entre outros e 3 (19,8%) alunos deram somente um exemplo como clonagem, transgênicos e testes de DNA.

As atividades práticas desenvolvidas na comunidade escolar contribuíram para a percepção dos alunos em relação à interação existente entre a ciência e a sociedade e que muitas descobertas da biotecnologia podem trazer melhora para a sociedade.

Os alunos do grupo ASA, novamente na sua totalidade, não emitiram nenhum exemplo de aplicação da biotecnologia para a sociedade.

Os alunos novamente foram estimulados a refletirem sobre a biotecnologia respondendo a pergunta: Em sua opinião a biotecnologia deve ser ensinada na escola? Com relação às respostas dadas à essa questão, foi obtido o seguinte resultado expresso na **Tabela 26**.

**Tabela 26:** Indicações sobre a importância de ensinar biotecnologia na escola.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1		F	%	ACA2		ASA2		F	%
	F	%	F	%			F	%	F	%		
Sim	12	80,0	10	76,9	22	78,6	14	93,3	10	71,4	24	82,8
Não	3	20,0	3	23,1	6	21,4	1	6,7	4	28,6	5	17,2
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>

Em relação ao grupo estudado (ACA1), o pré-teste indicou que 80,0% dos alunos concordam com o ensino da biotecnologia na escola e, com a aplicação das aulas práticas, este índice aumentou no pós-teste (ACA2) para 93,3%. Este índice também foi alterado com relação à discordância de seu ensinamento na escola, pois 3 (20,0%) alunos no pré-teste não concordavam com o ensino da biotecnologia como disciplina regular e, no pós-teste, somente 1 (6,7%) aluno manteve a opinião de não se estudar biotecnologia na escola. Para o grupo ASA1 10 (76,9%) alunos são favoráveis ao ensino desta disciplina e 3 (23,3%) alunos não concordam, sendo que 2 alunos não responderam a esta questão. Para o pós-teste, notou-se pouca diferença nas opiniões, com 10 (71,4%) alunos afirmando querer estudar biotecnologia na escola e 4 (28,6%) alunos não querendo. Para saber o motivo da concordância, ou não, em relação ao estudo desta área do saber, foi solicitado aos alunos que dessem uma justificativa do porque estudar a biotecnologia na escola (**Tabela 27**). Para o grupo ACA1, a maioria dos alunos (66,8%) gostaria de estudar biotecnologia para adquirir novos conhecimentos sem explicar com mais detalhes alguma curiosidade específica sobre esta disciplina. Um aluno (6,6%) reconheceu na biotecnologia uma importância para o futuro da humanidade e 3 (20,0%) deles não souberam explicitar qual o motivo do interesse por esta área. Somente 1 (6,6%) aluno deu a justificativa da não inclusão da biotecnologia nas matérias escolares justificando da seguinte forma: “*é porque a biotecnologia é uma ciência e não uma matéria escolar*” e, no pós-teste (ACA2), somente um aluno manteve a discordância em relação ao

ensino da biotecnologia na escola com a justificativa: “*uma ciência que deve ser ensinada para cientista em laboratórios*”. Com relação ao grupo ASA1, 11 (83,4%) alunos são favoráveis ao ensino da biotecnologia por acharem interessante e 4 (26,6%) alunos não souberam explicar o motivo de se ensinar.

**Tabela 27:** Indicações sobre por que estudar biotecnologia na escola.

Categorias	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Futuro da humanidade	1	6,6	0	0,0	1	3,3	7	46,8	0	0,0	7	23,4
Conhecer e adquirir conhecimentos	10	66,8	11	83,4	21	70,0	4	26,6	6	40,0	10	33,3
Avanços tecnológicos e sua aplicação.	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	20,0	0	0,0	3	10,0
Não sabe, não lembra, não respondeu.	3	20,0	4	26,6	7	23,4	0	0,0	8	53,4	8	26,7
-Outras	1	6,6	0	0,0	1	3,3	1	6,6	1	6,6	2	6,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

No pré-teste ACA1, 80,0% dos alunos (**Tabela 26**) concordaram com o ensino da biotecnologia na escola, pois gostariam de conhecer esta ciência que julgam ser interessante e necessária de se conhecer, mas não deram explicações claras ou completas do por que deste interesse.

No pós-teste ACA2 as opiniões se modificaram e se diversificaram (**Tabela 27**), resultando em 46,8% que acreditam ser a biotecnologia uma ciência importante para o futuro da humanidade, 26,6% manifestaram interesse em adquirir novos conhecimentos e 20,0% querem estudar a aplicação do DNA nas novas tecnologias, enquanto que no grupo ASA2 houve uma redução 66,8% no pré-teste para 40,0% de alunos indicaram querer estudar a biotecnologia para adquirir conhecimentos e um aumento para 53,4% de alunos que não sabiam explicar o motivo de se estudar a biotecnologia no ensino médio. Os alunos deste grupo de referência justificaram que ainda desconheciam a biotecnologia e que continuavam não saber responder as mesmas perguntas já propostas anteriormente no pré-teste.

A seguir, algumas das respostas para o pós-teste ACA2 ilustram as diferentes justificativas apresentadas pelos alunos que gostariam de ter a biotecnologia incluída na grade curricular da escola:

*“Pois iria deixar os alunos a par dos avanços tecnológicos que a sociedade vem adquirindo”*

*“Para estudar o DNA e suas aplicação”.*

*“Porque é algo interessante que futuramente irá refletir nas nossas vidas”*

A análise qualitativa dos dados permitiu identificar que muitas idéias e definições, as vezes, estão equivocadas em relação à biotecnologia e suas aplicações, sendo, muitas delas, intuitivas e em grande parte influenciada pela mídia. Daí a necessidade de se vivenciar o saber científico no ambiente escolar para que o aluno desenvolva uma nova concepção. E, ainda, possa refletir sobre as informações adquiridas fora do ambiente escolar. O estudo da biotecnologia deve ser incentivado e ampliado pelos educadores para que o aluno possa refletir melhor sobre os avanços das novas tecnologias e sua influência na qualidade de vida da sociedade.

A percepção dos alunos no estabelecimento de uma relação entre a biotecnologia e biologia também foi investigada na questão seguinte (**Tabela 28**):

**Tabela 28:** Indicações de conhecimentos sobre a relação entre a biotecnologia e a biologia.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	11	78,6	9	64,3	20	71,4	14	100,0	9	60,0	23	79,3
Não	3	21,4	5	35,7	8	28,6	0	0,0	6	40,0	6	20,7
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>

A maioria dos alunos no pré-teste (78,6% do ACA1 e 64,3% do ASA1) disse conhecer a relação existente entre as duas ciências e 3 (21,4%) alunos para o grupo ACA1 e 5 (35,7%) alunos para o grupo ASA1 indicaram não saber a relação entre a biotecnologia e a biologia. No pós-teste a percepção dos alunos do grupo ASA2 em relação a associação existente entre a biologia e a biotecnologia, manteve-se igual com 9 (60,0%) alunos afirmando conhecer esta relação e 6 (40,0%) alunos afirmando não conhecer. Para o grupo ACA2 houve uma mudança de opinião, com 14 (100,0%) alunos afirmando conhecer esta relação, sendo que somente 1 aluno não respondeu a esta questão.

Para entender melhor a visão dos alunos sobre a relação existente entre a biologia e a biotecnologia, foi solicitado que os alunos apresentassem suas justificativas (**Tabela 29**).

**Tabela 29:** Relação entre a biotecnologia e a biologia.

Categoria	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Estudos das bactérias, DNA, genética	1	9,0	0	0,0	1	5,0	5	38,4	0	0,0	5	27,7
Estudo dos alimentos transgênicos	1	9,0	0	0,0	1	5,0	1	7,7	0	0,0	1	5,6
Estudo dos seres vivos	0	0,0	1	11,1	1	5,0	6	46,2	0	0,0	6	33,4
Semelhança no nome	2	18,0	3	33,4	5	25,0	0	0,0	2	40,0	2	11,0
Estudo do ser humano	1	9,0	0	0,0	1	5,0	0	0,0	0	0,0	0	5,6
Outras	2	18,0	1	11,1	3	15,0	1	7,7	0	0,0	1	0,0
Não sabe	4	37,0	4	44,4	8	40,0	0	0,0	3	60,0	3	16,7
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

A análise qualitativa dos dados permitiu identificar que os alunos não conseguiram expressar a relação entre a biologia e a biotecnologia e citaram alguns temas que eles consideram campo de estudo das duas ciências. No pré-teste ACA1 e pós-teste ACA2 observou-se, respectivamente, que 18,0% e 7,7% dos alunos estabeleceram uma relação desconexa ou vaga entre biologia e a biotecnologia e suas respostas foram incluídas na categoria “outras”, com justificativas como “*Sim, é uma ciência que melhora a vida dos seres humanos*” ou “*biotecnologia estuda os elementos da biologia, ajuda a entender de forma mais clara.*”

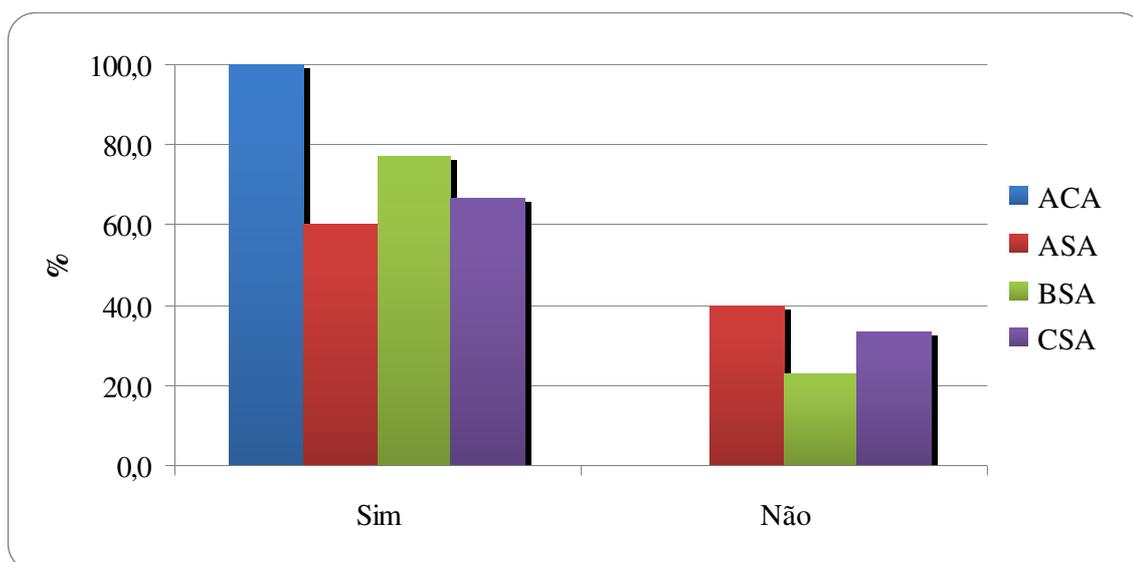
No pré-teste ACA1 2 (18,0%), alunos identificaram uma relação de semelhança entre essas duas ciências apenas devido aos seus nomes como “Por causa da palavra”. Somente 1 (9,0%) aluno citou várias causas que poderiam relacionar as duas ciências. Somente 1 (9,0%) aluno a relacionou ao estudo do ser humano e 1 (9,0%) aluno citou o estudo dos seres vivos e 4 alunos não responderam a esta questão. Para o pré-teste do grupo ASA1, 3 (33,4%) alunos estabeleceram uma relação de semelhança entre os nomes biologia e biotecnologia, 4 (44,4%) alunos não souberam explicar esta relação e 6 alunos não responderam. Desta forma, foi observado que a maioria dos alunos do grupo ACA1 e ASA 1 no pré-teste, não soube estabelecer uma relação satisfatória entre a biologia e a biotecnologia.

Com relação ao pós-teste do grupo participante das atividades de ensino ACA2 foi observado que 5 (38,4 %) alunos estabeleceram uma relação entre a biologia e biotecnologia através de alguns objetos de estudo comuns destas duas áreas do saber, como as bactérias, os fungos e o DNA. Este mesmo pensamento foi relatado apenas por um aluno no pré-teste ACA1 (6,7%). Foi observado, também, que após as atividades práticas, cerca de 40,0% dos

alunos do pós-teste ACA2 associaram a biotecnologia com a biologia devido ao fato de essas duas áreas científicas estudarem os seres vivos e 1 (7,7%) aluno associou a relação a estudos comuns de transgênicos.

Provavelmente, os alunos dos pós-teste fizeram essas associações devido ao desenvolvimento desta pesquisa que trabalhou temas citados por eles (tema 2: DNA, tema 8: Bactérias e Fungos e tema 9: Transgênicos). Houve uma redução no número de alunos que não responderam para 2.

De modo geral, houve uma melhora satisfatória nos conhecimentos dos alunos a respeito desta relação, mas não suficiente para elucidar que a função do biólogo é estudar a vida em todas as suas formas e manifestações e a biotecnologia é um dos campos mais avançados da área biológica e que utiliza organismos vivos ou parte deles, para a produção de bens e serviços. A maioria das escolas acha que há uma relação entre biotecnologia e a biologia (**Figura 11**), mas é preciso conhecê-la com clareza e discernimento, fato não visto conforme análise anterior.



**Figura 11:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C sobre conhecimentos da relação entre Biologia e Biotecnologia.

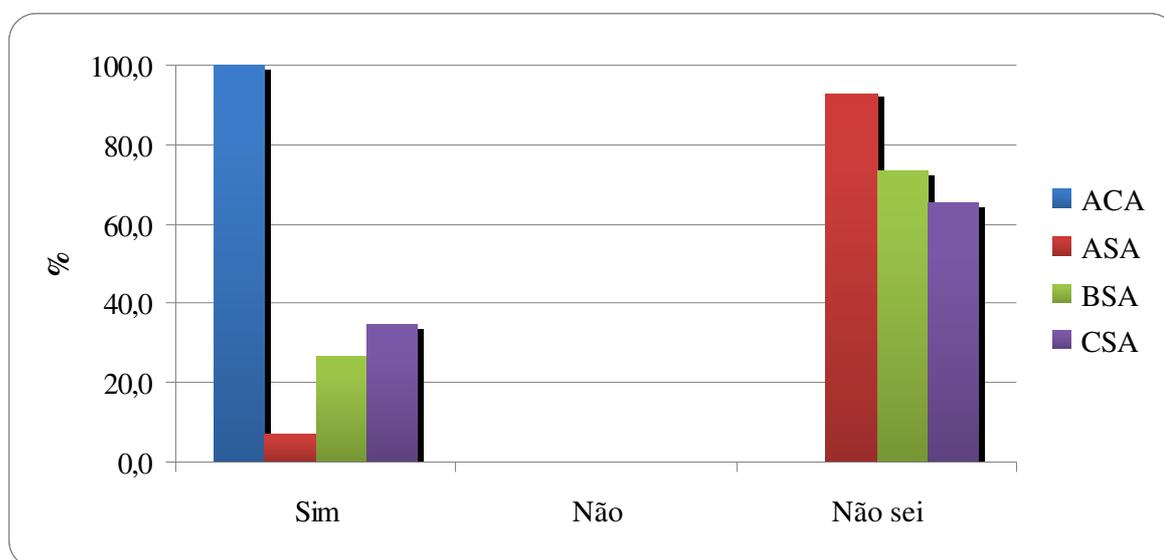
Para verificar o entendimento dos alunos em relação algumas das técnicas usadas na biotecnologia e sua aplicação, os alunos emitiram opinião se a biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos (**Tabela 30**).

**Tabela 30:** Indicações se a biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	5	33,3	5	35,7	10	34,5	14	100	1	7,1	15	53,6
Não	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não sei	10	66,7	9	64,3	19	65,5	0	0,0	13	92,9	13	46,4
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>

No pré-teste, tanto para o grupo ACA1 quanto para o grupo ASA1, cerca de 34,0% dos estudantes acham que a biotecnologia pode facilitar a vida do homem, mas, a maior parte deles, cerca de (66,0%), não sabe emitir opinião a respeito do assunto, demonstrando o desconhecimento pelo tema e que o mesmo não foi assimilado no ensino da biologia que, desde o ano de 2008, incluiu os conteúdos referentes aos temas de biotecnologia na proposta curricular da 2ª série do ensino médio a partir do 3º bimestre. Portanto, alunos da atual 3ª série do ensino médio, como os participantes desta pesquisa, teriam, em tese, que ter algum entendimento e opinião sobre as novas tecnologias e sua influência na sociedade. Isto foi novamente evidenciado ao analisar os resultados de pós-teste. Nota-se que o grupo ACA2 que teve a oportunidade de participar das atividades de ensino ao final da pesquisa, passou de 33,3% de opiniões afirmativas para 100,0% de reconhecimento da importância da biotecnologia. Embora 1 aluno deste grupo não tenha respondido tal fato não foi observado no grupo referência ASA que teve seu desempenho piorado no pós-teste aplicado em setembro de 2009, indicando que no espaço de junho de 2009 da aplicação do pré-teste até setembro, estes alunos não tiveram nenhum conhecimento sobre biotecnologia que pudessem auxiliar na reflexão e emissão de opinião sobre o tema. Os alunos do grupo referência ASA, ao receberem o pós-teste 4 meses depois comentaram, oralmente, de forma geral, que estavam respondendo às mesmas questões de 4 meses atrás aplicadas no pré-teste e que eles continuavam não sabendo o assunto. Provavelmente, isto foi um desestímulo ao “ato de pensar”, ou seja, perceber que eles não tiveram oportunidade de conhecer “algo novo” e, por isso, um resultado tão negativo para o grupo ASA2 com 13 (92,9%) alunos afirmando não saber se a biotecnologia pode ajudar o ser humano e somente 1 (7,1%) afirmou positivamente e 1 aluno não respondeu a esta questão.

Este desconhecimento também foi constatado nas outras escolas participantes, na qual demonstraram que, na sua maioria, não sabiam lidar com o assunto, indicando que o mesmo não foi aprendido de forma satisfatória no ambiente escolar (**Figura 12**).



**Figura 12:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se a biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos.

Em seguida, foi pedido aos alunos que justificassem suas opiniões em relação à questão anterior e explicassem o motivo pelo qual a biotecnologia pode facilitar a vida do ser humano. As respostas foram organizadas nas seguintes categorias (**Tabela 31**):

**Tabela 31:** Indicações das aplicações da biotecnologia para o ser humano.

Categorias	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Produção de fármacos e alimentos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	40,1	0	0,0	6	20,0
Produção de novas pesquisas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	26,6	0	0,0	4	13,2
Produção de remédios	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	6,6
Produção de alimentos	1	6,7	0	0,0	1	3,3	1	6,7	0	0,0	1	3,3
Não sabe, não lembra.	14	93,3	15	100,0	29	96,7	2	13,3	15	100,0	17	56,9
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Confirmando o resultado anterior em que a maioria dos alunos não conseguiu emitir uma opinião sobre a atuação da biotecnologia na vida do homem, notou-se que 100,0% dos

alunos do grupo ASA1, tanto no pré-teste como no pós-teste ASA2, não conseguiram dar exemplos da aplicação da biotecnologia para o ser humano. Para os alunos do grupo ACA1 também foi observado que 14 (93,3%) alunos não conseguiam indicar aplicações da biotecnologia na sociedade e somente 1 (6,7%) apontou a produção de alimentos como resposta. Com relação ao grupo ACA2, os resultados foram mais satisfatórios, apesar de 2 alunos não responderem à questão. Foi observado que 6 (40,1%) alunos relataram que a biotecnologia pode beneficiar a sociedade devido a diversas razões, como a produção de remédios e de alimentos, conforme ilustrado em *“ela está produzindo muitos benefícios para os seres humanos como, por exemplo, a insulina e alguns alimentos transgênicos”* e, *“Para os tratamentos médicos e alimentos com maior teor energético, por exemplo”*. Vale destacar que 4 (26,6%) alunos citaram a possibilidade de a biotecnologia realizar novas pesquisas que pudessem trazer algum benefício à sociedade, só que as respostas formuladas por esses alunos são bastante gerais e não identificaram com clareza qual seria esta pesquisa, como ilustrado em *“Pois iríamos achar soluções benéficas através de pesquisas para vários problemas de saúde”*. A produção de alimentos foi citada por 2 (13,3%) alunos e 1 (6,7%) aluno indicou como exemplo de aplicação da biotecnologia, a produção de remédios.

Com relação à interação entre a Ciência, a sociedade e os benefícios produzidos por esta relação na área de biotecnologia, pode-se perceber que há necessidade de um maior investimento educacional nas escolas públicas para que os alunos possam discutir e opinar se essas relações são positivas, ou não, e como as descobertas da biotecnologia podem trazer benefícios para a sociedade.

De acordo com a proposta curricular do Estado de São Paulo-2008 a relação entre educação e tecnologia é uma das diretrizes que a LDB estabelece para orientar o currículo do ensino médio. Através da associação da compreensão dos fundamentos científicos dos processos produtivos e por meio da relação entre a teoria e prática, o aluno deverá demonstrar, ao final da educação básica, o domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna.

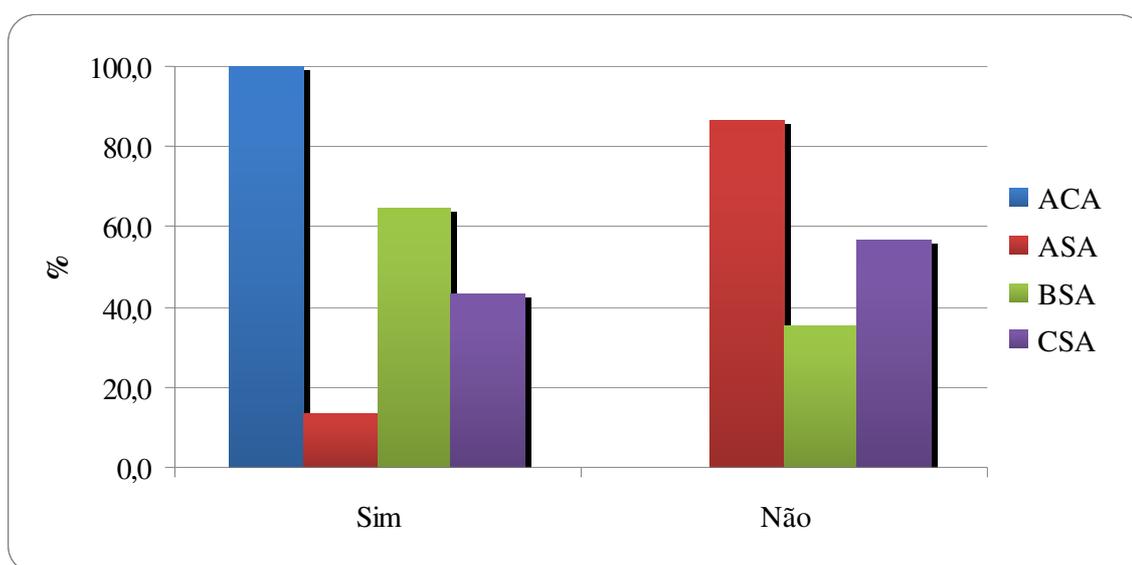
As próximas questões objetivaram investigar o que os alunos do ensino médio sabem sobre transgênicos e quais as suas opiniões sobre as aplicações e implicações desta área da biotecnologia. Inicialmente foi perguntado se eles já ouviram falar em transgênicos (**Tabela 32**).

**Tabela 32:** Indicações se já ouviu falar em transgênicos.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	13	86,7	5	38,5	18	64,3	14	100,0	2	13,3	16	55,2
Não	2	13,3	8	61,5	10	35,7	0	0,0	13	86,7	13	44,8
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>

Na análise quantitativa notou-se que no pré-teste o grupo ACA1 demonstrou que a maioria dos alunos (86,7%) já ouviu falar em alimentos transgênicos e que no grupo ASA1, somente 38,5% dos alunos já ouviram falar do tema e, dois alunos deste grupo, não responderam a essa questão. Para o grupo ACA1, somente 2 (13,3%) alunos afirmaram não terem ouvido falar em transgênicos, enquanto que para o grupo ASA1, 8 (61,5%) alunos não ouviram falar.

Após as atividades de ensino, verificou-se que no grupo pós-teste ACA2, 14 (100,0%) alunos relataram já terem ouvido falar em transgênicos, e 1 aluno não respondeu a esta questão. Já, no grupo pós-teste ASA2, esta afirmativa caiu de 38,5% para 13,3%, com 13 (86,7%) alunos indicando não terem ouvido falar em transgênicos. Mais uma vez nota-se que as aulas do ensino regular não ofertaram situações de aprendizagem sobre este tema. Este desconhecimento não foi constatado somente na escola A, que foi o objeto direto desta pesquisa, mas também nas escolas colaboradoras B e C, pois a aplicação do pós-teste apontou que metade dos alunos não ouviu falar em transgênicos (**Figura 13**).

**Figura 13:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em transgênicos.

Na sequência, pediu-se aos alunos para que explicassem o que eles entendem por transgênicos (**Tabela 33**)

**Tabela 33:** Conhecimentos sobre transgênicos.

Respostas	Pré-Teste				Totais Pré-Teste		Pós-Teste				Totais Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Certas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	6,7
Parcialmente Certas	3	20,0	0	0,0	3	10,0	11	73,4	0	0,0	11	37,4
Erradas	2	13,3	0	0,0	2	6,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não sabe/não lembra	10	66,7	15	100,0	25	83,3	2	13,3	15	100,0	17	56,9
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Nenhum aluno do grupo referência ASA1 soube explicar o que são transgênicos, com 100% de respostas “não sei”. Já, no grupo ACA1, foi verificado no pré-teste, que 20,0% dos alunos associaram de forma vaga a definição de transgênicos com a idéia de modificação em alimentos, como ilustram os exemplos: “São alimentos modificados em laboratório”, “São alimentos geneticamente modificados” e “Alimentos clonados”. Dois alunos (13,3%) apresentaram conceitos errados sobre transgênicos e 10 (66,7%) alunos não souberam responder a esta questão. Para o pós-teste do grupo ASA2, observou-se que todos os 15 (100,0%) alunos não sabiam explicar sobre os transgênicos. Para o grupo ACA2 observou-se que 2 (20,0%) alunos incorporam a definição de transgênicos como organismos geneticamente modificados com aplicação de material genético de outro ser, como ilustrado em “é um ser vivo modificado geneticamente em laboratórios e que recebeu material genético de outro ser vivo”. Dois (20,0%) alunos não souberam responder e 11 (73,4%) alunos refletiram de forma mais consistente um entendimento sobre o tema, embora, também tenha ficado evidente a expressão de conceitos genéricos como “São alimentos, animais, plantas ou até bactérias, modificados pela ciência” e, “É um ser vivo que o DNA foi mexido em laboratório”.

As concepções e opiniões manifestadas pelos estudantes do Ensino Médio em relação aos transgênicos revelaram que muitos alunos ainda não possuem uma compreensão de conceitos sobre transgenia além daquela do senso comum. Nesse contexto, Pedrancini; Corazza-Nunes; Galuch; Moreira e Nunes (2008) observaram uma concepção distorcida, influenciada pela mídia, referente ao conceito de OGM que muitas vezes é considerado sinônimo de transgênico. Por definição, o termo transgênico refere-se a qualquer organismo,

microrganismo, animal ou planta que, por transformação, teve sua constituição genética alterada pela introdução de gene(s) de um outro organismo, em geral de uma outra espécie (KREUZER e MASSEY, 2001).

Estes resultados ressaltam a necessidade da apropriação dos conceitos científicos pelos alunos do Ensino Médio e que estão associados aos avanços da biotecnologia, para que possam compreender e posicionarem-se criticamente sobre seus benefícios e implicações. Diante desta realidade, tornam-se premente a necessidade de novas práticas pedagógicas que, ao invés de estimular a simples reprodução de conhecimentos, favoreçam o desenvolvimento de indivíduos críticos, capazes de articularem os conhecimentos apreendidos com as diversas situações de sua vida cotidiana.

Ainda investigando as concepções dos alunos sobre o tema, foi solicitado que dessem alguns exemplos de transgênicos (**Tabela 34**).

**Tabela 34:** Exemplos de transgênicos.

Categoria	Pré-Teste				Total		Pós-Teste				Total	
	ACA1		ASA1		Pré-Teste		ACA2		ASA2		Pós-Teste	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
variados: leguminosas, frutas	1	6,7	0	0	1	3,3	3	20,0	0	0,0	3	10,0
soja/milho	4	26,7	0	0	4	13,3	6	40,0	0	0,0	6	20,0
tomates/verduras	3	20,0	0	0	3	10,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
salsicha	0	0,0	0	0	0	0,0	3	20,0	0	0,0	3	10,0
salgadinho	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
frutas	0	0,0	0	0	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	6,6
não sabe	2	13,6	5	33	7	23,4	0	0,0	2	13,3	2	6,6
não respondeu	5	33,0	10	67	15	50,0	0	0,0	13	86,7	13	43,5
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Todos os alunos do grupo de referência ASA1, confirmando o desconhecimento sobre transgênicos já apontado na questão anterior, não responderam (10 alunos) ou não sabiam (5 alunos) dar exemplos de alimentos transgênicos. Dessa forma, a discussão sobre os alimentos geneticamente modificados, muitas vezes, pode estar longe do ambiente escolar. A apresentação das novas tecnologias e a produção de transgênicos foram alvos desta pesquisa que teve como objetivo, contribuir com o conhecimento do aluno para que este passe a ser esclarecido sobre os reais impactos da tecnologia na saúde da população, no meio ambiente e na economia do país. Desta forma, foi observado que os alunos do grupo ASA que não participaram das atividades de ensino sobre transgênicos, apresentaram um péssimo

desempenho de conhecimento sobre o tema. 100% dos alunos não responderam, ou não sabiam dar um exemplo de transgênicos, tanto no pré-teste ASA1 como no pós-teste ASA2. No pós-teste do grupo ACA2 todos os alunos deram exemplos variados de alimentos transgênicos, sendo que 6 (40,0%) alunos citaram a soja e o milho, 3 (20,0%) alunos citaram leguminosas e frutas, 3 (20,0%) alunos citaram salsicha. O percentual de desconhecimento foi reduzido para 0% no pós-teste uma vez que o assunto foi tratado no tema 9 da pesquisa (Transgênicos e Bioética) no qual os alunos puderam refletir sobre a utilização dos transgênicos no dia-a-dia. Notou-se, no pré-teste para este grupo ACA1, antes das atividades de ensino, que 50,0% dos alunos citaram algum exemplo de alimento transgênicos e 50,0% não sabiam, ou não responderam, esta questão. Pedrancini; Corazza-Nunes; Galuch; Moreira e Nunes (2008), em pesquisa semelhante sobre o entendimento dos alunos do ensino médio sobre os transgênicos, afirmaram que muitos alunos citam alguns dos exemplos constantemente veiculados pelos meios de comunicação de massa e que são os mais produzidos comercialmente, destacando-se a soja, o milho, o tomate e a batata, sendo que poucos incluíram cereais matinais, bebidas como refrigerantes, macarrão instantâneo e bolacha. Dando sequência aos estudos de transgênicos, os alunos responderam se conheciam como os transgênicos são produzidos (**Tabela 35**):

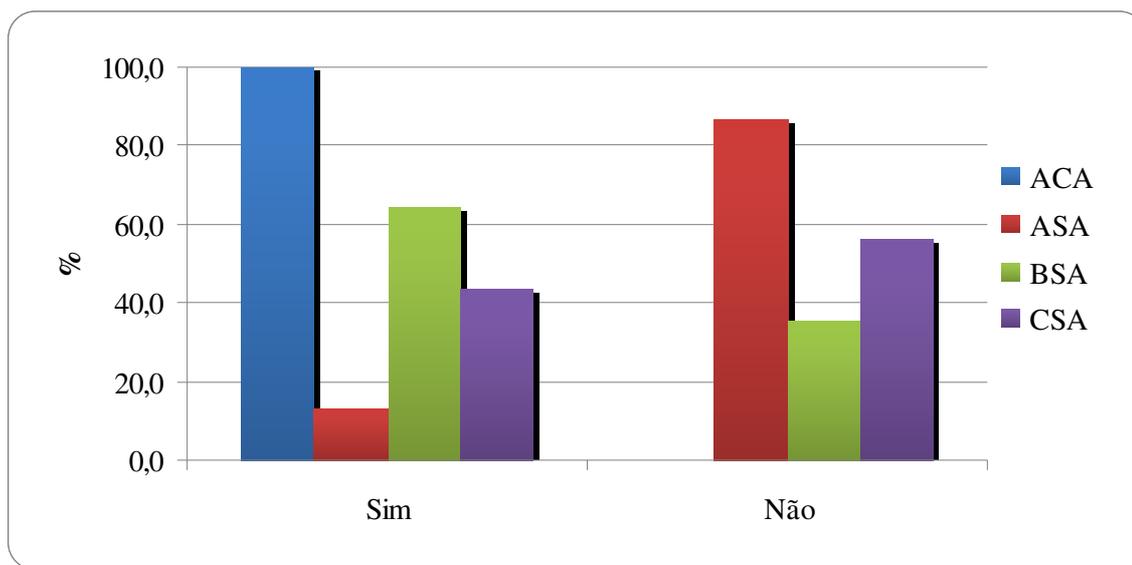
**Tabela 35:** Indicações sobre como são produzidos os transgênicos.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	0	0,0	0	0,0	0	0,0	11	91,7	0	0,0	11	40,7
Não	13	100,0	13	100,0	26	100,0	1	8,3	15	100,0	16	59,3
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

O resultado indicou que 100,0% dos alunos do grupo ASA1 não conhecem sobre a produção de transgênicos com 2 alunos não respondendo a esta questão. Este percentual de 100,0% de desconhecimento se manteve no pós-teste para o grupo ASA2, indicando que no período em que a pesquisa estava sendo realizada estes alunos não tiveram conhecimento do tema no ensino regular. No grupo ACA2 pós-teste, a maioria dos estudantes (91,7%) passaram a conhecer o processo de produção de transgênicos, 1 (8,3%) aluno afirmou não conhecer o processo de produção de um transgênico e 2 alunos não responderam. Estes resultados do pós-teste para o grupo ACA2, indicaram um desempenho satisfatório em

relação ao pré-teste ACA1 sendo que nenhum deles havia respondido de forma afirmativa e 2 alunos não respondendo a esta questão.

As atividades de ensino sobre o tema colaboraram para um melhor desempenho do grupo ACA2, desempenho que não foi satisfatório em outras escolas, conforme registrado na pesquisa através da **Figura 14**:



**Figura 14:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C de como são produzidos os transgênicos.

Em seguida, foi investigado se os alunos já tinham consumido algum alimento transgênico. A **Tabela 36** registrou os dados para esta questão.

**Tabela 36:** Indicações se já consumiu algum alimento transgênico.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	3	21,4	0	0,0	3	11,1	10	71,4	0	0,0	10	34,5
Não	1	7,1	3	23,1	4	14,8	1	7,1	2	13,3	3	10,3
Não sei	10	71,4	10	76,9	20	74,1	3	21,4	13	86,7	16	55,2
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>

Os resultados novamente confirmaram que os alunos do pré-teste do grupo ASA1 desconhecem o tema transgênicos. Conforme o observado, 2 alunos não responderam esta questão, 3 (23,1%) alunos disseram que não consumiram, embora, em questões anteriores, eles não souberam dar um exemplo de alimento transgênico, e 10 (76,9%) alunos não

souberam se ingeriram algum alimento transgênico. Estes resultados se mantiveram bastante próximo no pós-teste para o grupo ASA2, com 2 (13,3%) alunos afirmando não consumir transgênicos e 13 (86,7%) indicando não souberam se consumiram algum alimento transgênico.

No grupo ACA1 pré-teste 3 (21,4%) alunos confirmaram já ter consumido algum alimento transgênico, 1 (7,1%) aluno disse não ter consumido e a maioria dos alunos (71,4%) não souberam se consumiram este tipo de alimento. Um aluno não respondeu, tanto no pré-teste quanto no pós-teste. As atividades de ensino em biotecnologia contribuíram para um melhor entendimento dos alunos sobre o tema conforme observado nos resultados do pós-teste no qual houve uma redução de 71,4% de respostas “não sei” em ACA1, para 21,4% em ACA2. Também houve um incremento de respostas afirmativas de 21,4% no pré-teste ACA1 para 71,4% no pós-teste ACA2. Somente 1 (7,1%) aluno indicou não consumir alimento transgênico.

A preocupação com o posicionamento dos alunos sobre questões relevantes da biotecnologia e suas atitudes diante das novas tecnologias, como a transgenia de alimentos e outros, foi investigada na próxima questão que perguntava ao aluno qual a sua opinião sobre transgênicos. As justificativas para esta questão foram categorizadas na **Tabela 37** abaixo:

**Tabela 37:** Opinião sobre os transgênicos.

Categoria	Pré-Teste				Total		Pós-Teste				Total	
	ACA1		ASA1		Pré-Teste		ACA2		ASA2		Pós-Teste	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
utilidade para a sociedade	1	6,7	0	0,0	1	3,3	1	6,7	0	0,0	1	3,3
vantagens alimentar	1	6,7	0	0,0	1	3,3	1	6,7	0	0,0	1	3,3
vantagens /desvantagens	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	40,0	0	0,0	6	19,9
benefícios para a saúde	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
podem trazer riscos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,2	0	0,0	2	6,6
invenção de novo produto	1	6,7	0	0,0	1	3,3	0	0	0	0,0	0	0,0
não sabe	3	20,0	4	27,0	7	23,4	1	6,7	2	13,3	3	10,0
não respondeu	9	60,0	11	73,0	20	66,7	3	20,0	13	86,7	16	53,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

A análise dos resultados indicou que todos os alunos do grupo ASA1 não emitiram opinião sobre transgênicos sendo que 4 alunos (27,0%) não souberam responder e 11 (73,0%)

não responderam a esta questão. Isto também foi confirmado no pós-teste ASA2 com 2 (13,0%) indicando não saber e 13 (87,0%) não respondendo. Este dado é bastante preocupante, pois este é um assunto que vem sendo bastante divulgado por meio de notícias da mídia como televisão, jornais, internet e deveriam estar presentes em situações de ensino no ambiente escolar.

O grupo pré-teste ACA1 teve um desempenho um pouco melhor, com 1 (6,7%) aluno indicando que o transgênico é útil para a sociedade, 1 (6,7%) aluno indicou as vantagens na produção de alimentos que ele oferece e 1 (6,7%) aluno indicou a possibilidade da produção de novos produtos. Três (20,0%) alunos não souberam responder e 9 (60,0%) não responderam esta questão. A participação nos estudos recíprocos para este tema favoreceu, aos alunos do grupo ACA2, uma diversificação nas suas opiniões em relação aos transgênicos. Notou-se que 1 aluno (6,7%) associou transgênico a produtos úteis para a sociedade, 1 aluno (6,7%) relatou as vantagens na produção de alimentos que a transgenia oferecem e, 1 (6,7%) aluno ressaltou os benefícios para a saúde obtidos pelos transgênicos. Os riscos que os transgênicos podem oferecer foram citados por 2 (13,4%) alunos, mas eles não especificaram quais seriam estes riscos. Notou-se que 6 alunos (39,2%) enfatizaram a importância de análise das vantagens e desvantagens dos transgênicos. Os estudos sobre OGMs reduziram o número de questões não respondidas no pré-teste ACA1 de 60,0% para o valor de 20,0% em ACA2 e o número de alunos que não souberam opinar sobre o assunto apresentaram uma redução de 20,0% em ACA1 para 6,7% em ACA2.

O estudo desta pesquisa revelou que as concepções e opiniões manifestadas pelos estudantes da etapa final do ensino médio sobre organismos geneticamente modificados são bastante precárias, revelando que o modo como o ensino é organizado e desenvolvido nas escolas, muitas vezes, pouco contribui para que o aluno desenvolva uma compreensão diferente daquela adquirida em situações não escolares, isto ficou evidente quando percebemos que os alunos tiveram dificuldades de reconhecer alimentos que contém transgênicos e seus derivados.

Pesquisas semelhantes, desenvolvidas por Pedrancini, Corazza-Nunes, Galuch, Moreira e Nunes (2008), indicaram que as concepções e opiniões manifestadas pelos estudantes da etapa final do ensino médio e muitos dos universitários ingressantes apresentam uma compreensão falha sobre este tema, pois elementos conceituais essenciais não foram apreendidos. A maioria, apesar de empregar termos amplamente divulgados, tanto pela mídia como em situações de ensino, demonstrou dificuldades em esclarecê-los, reduzindo o conceito à palavra ou à definição destituída de significado. Tais dificuldades podem estar relacionadas

à falta de domínio da base científica que possibilitou os atuais avanços biotecnológicos decorrente de um ensino que valoriza apenas a memorização.

As atividades de ensino em biotecnologia propiciaram a reflexão sobre os assuntos relacionados às novas tecnologias, e expôs as dúvidas e desinformações que prevalecem de um modo geral, em grande parte dos escolares. Cabe, então, à escola, promover um ambiente de aprendizagem que possibilite aos alunos a apropriação de conhecimentos com base nos quais possam tomar decisões conscientes e esclarecidas. Os alunos participantes da pesquisa se mostraram muito interessados em conhecer melhor o assunto e realizar mais pesquisas a respeito da legislação e a fiscalização da rotulagem dos alimentos transgênicos, listagem dos principais alimentos que contêm estes produtos na sua composição e quais os riscos ao meio ambiente que eles oferecem.

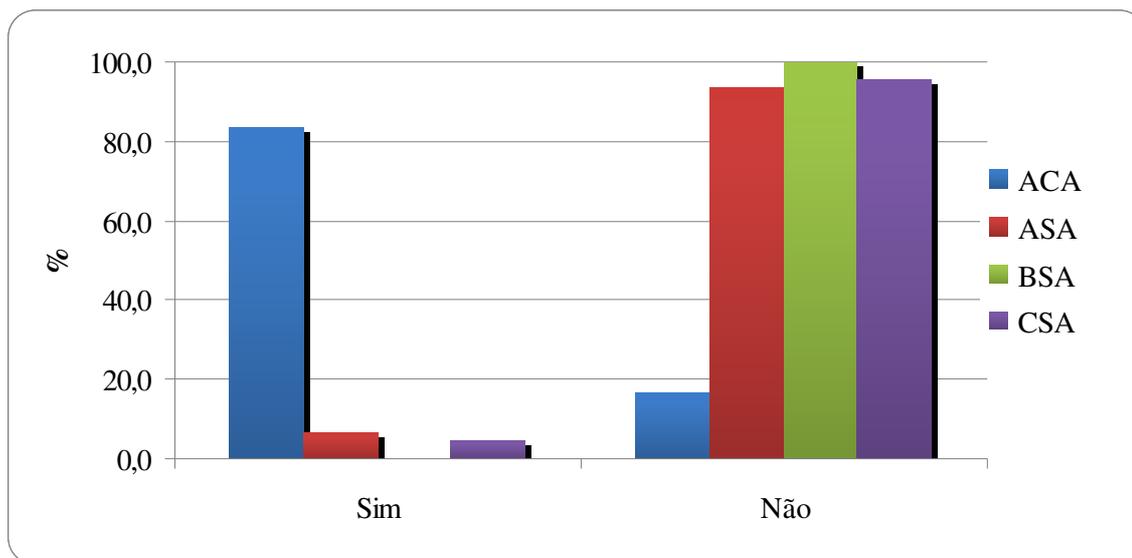
As questões finais desta pesquisa procuraram abordar o tema bioética e foi perguntado aos estudantes se eles já ouviram falar em bioética (**Tabela 38**).

**Tabela 38:** Indicações se já ouviu falar em bioética.

Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	83,3	1	6,7	11	40,7
Não	15	100,0	13	100,0	28	100,0	2	16,7	14	93,3	16	59,3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

Para o pré-teste do grupo controle ASA1, verificou-se que os alunos na sua totalidade desconhecem o tema, sendo que dois alunos não responderam a esta questão. Para o pós-teste ASA2, a maioria (93,3%) dos alunos manteve esta falta de conhecimento sobre o tema, com 1 aluno (6,7%) afirmando, agora, conhecer bioética.

No grupo das atividades ACA, todos os alunos no pré-teste (ACA1) afirmaram também desconhecer o tema bioética. Após os estudos recíprocos aplicados no tema 9, foi observado que 10 (83,3%) estudantes em ACA2 mudaram de opinião e agora afirmaram de forma positiva conhecer bioética, 2 (16,7%) alunos responderam que não tinham ouvido falar em bioética e 2 alunos não responderam. No último dia de aula, 3 alunos precisaram ir embora na última aula, devido razões particulares e não participaram dos estudos de reflexão sobre bioética e responderam o pós-teste na penúltima aula. A investigação sobre bioética foi verificada no pós-teste das escolas B e C (**Figura 15**).



**Figura 15:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se já ouviram falar em bioética.

A grande maioria dos alunos não sabe o que é bioética, conforme resultados registrados na ilustração acima. A escola deve propiciar a formação integral do aluno em um ambiente de educação cidadã, no qual estude a prática de investigação científica em toda a sua dimensão, de modo a construir o saber pautado no respeito aos direitos dos seres humanos, ao meio-ambiente e aos outros seres vivos. Deve, ainda, desenvolver a responsabilidade e o compromisso ético do aluno como ator social na busca do bem-estar da humanidade e futuro das novas gerações.

Segundo a proposta curricular do Estado de São Paulo-2008 o trabalho educativo com as Ciências da Natureza e suas tecnologias também tem dimensão filosófica, pois, ao interpretar eventos da biosfera e compreender a evolução da vida, ou ao observar estrelas e galáxias e perceber a evolução do Universo, elas permitem conjecturar sobre a origem e o sentido do Cosmos, atividades estas que eram prerrogativas no passado do pensamento filosófico. Por sua vez, para monitorar o desenvolvimento científico tecnológico, investigar a intervenção humana na biosfera e, eventualmente, estabelecer seus limites, o homem utiliza instrumentos para essa investigação, de sentido igualmente ético, e que são também científico-tecnológicos. As ciências são, portanto, base conceitual para intervenções práticas que podem ser destrutivas – como na tecnologia bélica –, mas também promovem valores humanos ao fornecerem critérios para a percepção crítica e para a interpretação da realidade.

Dando continuidade às reflexões sobre o tema, foi solicitado aos alunos que citassem uma possível questão atual na sociedade envolvendo bioética (**Tabela 39**).

**Tabela 39:** Indicações sobre questões atuais envolvendo bioética.

Categoria	Pré-Teste				Total		Pós-Teste				Total	
	ACA1		ASA1		Pré-Teste		ACA2		ASA2		Pós-Teste	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
diversas: Células tronco, clonagem	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	6,6
riscos dos transgênicos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	26,6	0	0,0	4	13,3
identificação dos transgênicos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
clonagem humana	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	6,6
células tronco	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
riscos ao meio ambiente	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	3,3
não sabe	7	46,7	3	20,0	10	33,3	1	6,7	2	13,3	3	10,0
não respondeu	8	53,3	12	80,0	20	66,7	3	20,0	13	86,7	16	53,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os resultados do pré-teste em ASA1, pós-teste ASA2 e pré-teste ACA1 indicaram que os alunos das séries finais do ensino médio não conseguiram identificar questões envolvendo bioética. Desta forma, fica evidenciado que o estudo das novas tecnologias, incluindo a bioética, é imprescindível para favorecer a formação ética dos estudantes, conforme previsto pela LDB/96 e Parâmetros Curriculares Nacionais.

No grupo ACA2 o desempenho dos alunos melhorou, pois os alunos saíram de uma condição, apontada no pré-teste (ACA1) de total desconhecimento de questões atuais envolvendo a bioética na sociedade, com 7 (46,7%) alunos que indicaram não saber a respeito do tema e 8 alunos que não responderam, para depois, em ACA2, 11 alunos já conseguirem reconhecer algumas questões envolvendo bioética e que eles consideram importante discutir as interferências que as novas tecnologias poderão produzir na qualidade de vida do planeta. Sendo que 4 (26,6%) indicaram os riscos em relação aos alimentos transgênicos, 2 (13,3%) alunos indicaram as questões relacionadas a temas como clonagem e células tronco e 1 (6,7%) aluno indicou o tema meio ambiente como questão fundamental para discussão da bioética. 3 alunos não responderam a esta questão e 1 (6,7%) aluno afirmou desconhecer alguma questão envolvendo bioética.

Desta forma, a proposta de ensino configura-se como uma reflexão que busca alternativas pedagógicas que possibilitem o entendimento da bioética como área do saber, na qual a ética é fundamental para questões atuais da sociedade, relacionadas ao futuro do meio ambiente e da humanidade. De acordo com a Proposta Curricular do Estado de São Paulo-

2008, se a educação básica é para a vida, a quantidade e a qualidade do conhecimento tem que ser determinadas por sua relevância para a vida atual e do futuro, além dos limites da escola. A biologia promove avanços tecnológicos no sistema produtivo, na saúde pública, na medicina diagnóstica e preventiva, na manipulação gênica. Sendo, ainda, que muitos desses assuntos são controversos e permeados por questões éticas. Dominar conhecimentos biológicos neste contexto, segundo os objetivos da proposta curricular, permite, também compreender e participar de debates contemporâneos envolvendo temas como doenças endêmicas e epidêmicas, ameaças climáticas, entre tantos outros desequilíbrios sociais e ambientais.

A proposta curricular recomenda, entre outras atividades de promoção de efetivo ensino, realizar com os alunos discussões coletivas que contribuam para a elaboração pessoal e recíproca comunicação, promovendo a compreensão do tema e também a aprendizagem do respeito a si mesmo e aos colegas.

O texto “A questão dos transgênicos por Valois” (2004) presente no tema 9 da PEB apresenta alguns dos argumentos que podem ser usados pelos alunos para a realização da atividade proposta envolvendo questões de bioética. Segundo Takahashi, Martins e Quadros (2008), o professor pode sugerir que os alunos façam uma pesquisa mais detalhada para enriquecimento do debate, que pode ser organizado de acordo com os seguintes itens: vantagens e desvantagens do cultivo de transgênicos (custo de produção, facilidade de obtenção, impacto ambiental e social) e os prós e contras do consumo de alimentos com transgênicos.

Nesse debate também poderá ser discutido: Qual é a origem dos transgênicos? Como eles são produzidos? Quais os prováveis impactos ambientais de sua produção? Quais são os países que fazem uso de transgênicos? Quais são os possíveis impactos sociais decorrentes do uso dos transgênicos em relação à saúde da população? Como os transgênicos podem contribuir, ou não, para o problema da fome no mundo? e, finalmente, a produção científica e sua natureza humana.

As questões finais da pesquisa investigaram sobre o interesse dos alunos pela biotecnologia. Para isso eles foram questionados se gostariam de conhecer alguma coisa sobre biotecnologia (**Tabela 40**).

**Tabela 40:** Indicações se gostariam de saber alguma coisa sobre Biotecnologia.

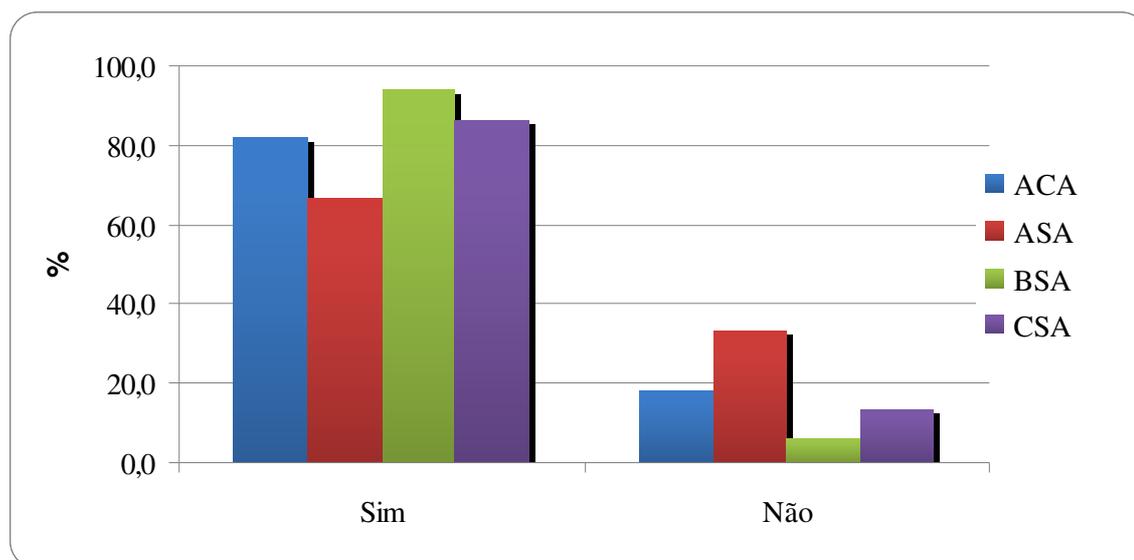
Respostas	Pré-Teste				Total Pré-Teste		Pós-Teste				Total Pós-Teste	
	ACA1		ASA1				ACA2		ASA2			
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Sim	13	86,7	9	75,0	22	81,5	9	81,8	8	66,7	17	74,0
Não	2	13,3	3	25,0	5	18,5	2	18,2	4	33,3	6	26,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

Notou-se que o percentual de alunos que gostaria de conhecer algo sobre a biotecnologia diminuiu no pós-teste, tanto para o grupo referência ASA, que não participou das atividades de ensino, como para o grupo ACA, que conheceu algumas atividades práticas. Em ASA1, 9 (75,0%) alunos responderam sim, com 3 alunos sem responder a esta questão e em ASA2, houve 8 (66,7%) indicações para sim e 3 alunos sem responder. Para o grupo ACA1, houve 13 (86,7%) indicações para resposta sim e, em ACA2, este número de indicações positivas foi reduzido a 8 (81,8%), com 4 alunos sem responder.

Apesar de a maioria dos alunos se interessarem pela biotecnologia, esperava-se um número maior de alunos, em se tratando de alunos de séries finais do ensino médio que, teoricamente, estariam se preparando para o mercado do trabalho, para prosseguir os estudos no nível superior e para exercer sua cidadania como ator social.

Porém, notou-se que parte dos alunos tem pouco interesse em aprender, talvez por apresentarem muita dificuldade de estudar em virtude de uma formação educacional prévia bastante deficitária, o que o prejudica sua capacidade de correlacionar, com clareza, o conteúdo em sala com o mundo.

De modo geral, os alunos demonstraram bastante interesse pela biotecnologia e a vontade de conhecer a biotecnologia também observada nas outras escolas participantes, conforme mostra a **Figura 16:**



**Figura 16:** Indicações no pós-teste das escolas A, B e C se gostariam de saber alguma coisa sobre biotecnologia.

A última questão do teste, então, estava relacionada à questão anterior e solicitava aos alunos qual o motivo de se conhecer a biotecnologia. As respostas obtidas estão apresentadas na **Tabela 41**:

**Tabela 41:** Indicações do que gostaria de saber sobre biotecnologia.

Categoria	Pré-Teste				Total		Pós-Teste				Total	
	ACA1		ASA1		Pré-Teste		ACA2		ASA2		Pós-Teste	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
conhecer melhor a biotecnologia	6	40,0	4	26,7	10	33,3	4	26,6	5	33,3	2	6,6
por gostar de biologia	1	7,0	0	0,0	1	3,3	1	6,7	0	0,0	4	13,3
é um assunto interessante	2	13,3	0	0,0	2	6,6	1	6,7	0	0,0	1	3,3
por ter aulas práticas	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	2	6,6
para conhecer seus benefícios	2	13,3	0	0,0	2	6,6	2	13,3	3	20,0	1	3,3
sua importância para o homem	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	1	6,7	1	3,3
não sabe	1	7,0	2	13,3	3	10,0	1	6,7	1	6,7	3	10,0
não respondeu	3	20,0	9	60,0	12	40,0	3	20,0	5	33,3	16	53,6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Os resultados indicaram que os motivos são variados, mas verificou que nos grupos ACA1 e ASA1, respectivamente 40,0% e 26,7% dos alunos gostariam de conhecer melhor a biotecnologia e suas potencialidades.

Esta razão também se manteve em 26,0% para ACA2 e 33,3% para ASA2. Em ASA1, 2 (13,3%) alunos não souberam indicar o que gostariam de estudar em biotecnologia e 9 alunos não responderam esta questão. Para ASA2, 3 (20,0%) alunos gostariam de conhecer os benefícios da biotecnologia, 1 (6,7%) aluno gostaria de conhecer melhor sua importância para o homem e 5 alunos não responderam.

Em ACA1 2 (13,4%) alunos gostariam de conhecer a biotecnologia por gostar de biologia, 2 (13,3%) alunos por que acham interessante de estudar, 1 (6,7%) aluno não soube explicar e 3 não responderam a esta questão.

Após as atividades, percebeu-se uma maior diversificação de justificativas pelo interesse de se estudar a biotecnologia, embora as respostas ainda não apresentassem muita clareza nas suas justificativas, por outro lado, 2 (13,3%) alunos gostariam de conhecer os benefícios que a biotecnologia pode trazer 2 (13,3%) alunos gostariam de estudar a importância desta área para o homem, 1 (7,0%) aluno não soube responder e 3 alunos não responderam a esta pergunta.

Pela observação da **Figura 16** e da **Tabela 41** citadas anteriormente, fica evidenciado que os alunos querem conhecer e aprender temas voltados para as novas tecnologias e suas implicações, mas não conseguem se expressar com clareza o porquê desta vontade.

A escola deve promover uma aprendizagem efetiva que aproxime cada vez mais a ciência da comunidade, de modo a favorecer a atitude crítica dos jovens ao refletirem e opinarem sobre os temas de biotecnologia de forma não-superficial e coerente, e que os levem a compreender o caráter social do desenvolvimento científico.

Uma percentagem considerável de alunos da escola pública não respondeu por que estudar biotecnologia conforme observada no total do pós-teste e a maior parte desses alunos comentaram que nunca participaram de uma aula prática e quase todos afirmaram que a aula prática pode ajudar na compreensão do conteúdo. Possivelmente, isso é a causa pela qual uma percentagem significativa dos alunos da escola pública indicam não saber ou não opinar sobre biotecnologia.

Esses resultados mostraram que a aula prática pode contribuir para a motivação na aprendizagem de biotecnologia.

Nas escolas públicas pesquisadas os alunos não têm aulas práticas e eles concordam que, se as tivessem, possivelmente compreenderiam melhor a matéria.

Da própria experiência vivenciada pela PEB notou-se que a atividade prática pode desempenhar um papel motivador para aprender biotecnologia, entretanto, o professor deve ter formação adequada para ministrar uma aula prática (Maldaner, 2003), além, naturalmente, de condições mínimas para a realização das aulas.

De maneira geral, pode-se avaliar os resultados de aproveitamento dos alunos como satisfatórios, pois foi observado tanto um crescimento significativo de respostas favoráveis, como também uma evolução dos alunos na sua maneira de organizar seus pensamentos, demonstrado por frases melhor elaboradas no pós-teste em comparação ao pré-teste e, também, pela participação dos estudantes em sala de aula que se empenharam em observar, discutir e realizar as atividades.

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Apesar de nos últimos anos ter ocorrido um aumento exponencial do conhecimento e das aplicações práticas da biotecnologia, observa-se que muitas vezes estas inovações tecnológicas não estão presentes na sala de aula. Sendo assim, os alunos demandam esse conhecimento por influência de fontes de informação ofertadas pela mídia escrita e falada. No entanto, como não são, muitas vezes, fontes confiáveis para obtenção de informações científicas, as pessoas formam opinião equivocada e sem fundamentação.

Esta pesquisa apresentou evidências de que muitos estudantes do ensino médio da Rede Oficial de Ensino apresentam dificuldade no entendimento de vários aspectos a respeito de Biotecnologia e, muitas vezes, mostram o distanciamento que a aula de Biologia traz em relação à vivência dos alunos no dia a dia.

A pesquisa também demonstrou que, embora as recomendações do PCN+ ensino médio (orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias) busquem o entendimento dos fenômenos biológicos articulados às vivências práticas destes conhecimentos, observou-se que a ciência em muitos momentos, tem sido pouco utilizada como instrumento para interpretar a realidade ou para nela intervir. Sendo assim, os conhecimentos científicos acabam sendo abordados de modo descontextualizado.

Consoante com a realidade educacional brasileira, observou-se que parte das escolas estaduais da rede de ensino de São Paulo enfrenta dificuldades. Como a captação de recursos financeiros e didáticos, inadequada formação docente e a falta de compromisso com os Parâmetros Curriculares Nacionais, de forma que os avanços da ciência, que podem interferir na qualidade de vida, em especial da biotecnologia e suas tecnologias decorrentes, não aportam a sala de aula.

No ano de 2008, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo lançou o Caderno do Professor como material didático para desenvolvimento de situações de aprendizagem. Este caderno incluía temas de biotecnologia para os 3<sup>os</sup> e 4<sup>os</sup> bimestres da 2<sup>as</sup> séries do ensino médio. Porém, o desempenho obtido por alunos das séries finais deste ciclo, e que supostamente já tiveram contato com temas da biotecnologia e suas aplicações, foram bastante insatisfatório, pois grande parte dos entrevistados destas séries relatou que, apesar de já ouvirem falar em DNA, nunca tinham visto o DNA experimentalmente e desconheciam com clareza sua estrutura, localização, natureza química e funções. Esta desinformação também foi notada para vários temas envolvendo DNA e biotecnologia: síntese de proteínas,

mutações gênicas, teste de paternidade, aplicação de microorganismos como bactérias e fungos, bioética, entre outros.

Deste modo, foi observado a superficialidade e o desconhecimento dos conceitos ligados à biotecnologia por parte dos estudantes do ensino médio entrevistados, revelando que o ensino da biologia não está proporcionando, aos alunos, um conhecimento mais completo acerca do saber biotecnológico e ao invés de oferecer aulas dinâmicas, capazes de atrair a atenção dos alunos, e ensinar os conteúdos de forma prática e articulado com o seu dia a dia, o ensino, muitas vezes, restringe-se a aulas expositivas descontextualizadas e vinculadas ao estudo de livros didáticos.

Neste contexto educacional, a Proposta de Ensino em Biotecnologia (PEB) ofertou alternativas e estratégias para promover a educação e a disseminação de conceitos sobre biotecnologia, também colaborou com o aumento do nível de entendimento público da ciência e os avanços alcançados nessa área através da inserção das atividades práticas no ensino da biotecnologia, além disso, e contribuir de forma significativa na formação científica dos jovens estudantes e, conseqüentemente, na formação de futuros cidadãos que estejam em condições de refletir sobre as mudanças que essas novas tecnologias resultarão na qualidade de vida da sociedade.

O trabalho realizado nesta pesquisa não pretendeu promover uma ruptura com as propostas tradicionais que vêm orientando o ensino de biologia. Por outro lado, consideraram a possibilidade que outros objetos de aprendizagem pudessem ser contemplados, particularmente, aqueles relativos ao desenvolvimento de algumas práticas mediadas por materiais didáticos de fácil aquisição e baixo custo. Isso possibilitaria que os alunos compreendessem, de maneira mais articulada e dinâmica, o funcionamento do mundo biológico e sua relação com a biotecnologia. Tal conhecimento o capacitaria a participar e discutir questões éticas, ambientais, enfim questões que envolvam a biotecnologia e a sociedade.

O modelo pedagógico aplicado nesta pesquisa buscou referências na teoria da aprendizagem significativa e construtivismo. Assim, as ações educativas foram permeadas pela problematização e o trabalho cooperativo como uma forma viável de estabelecer uma relação entre as concepções dos alunos e o conhecimento científico que se pretendeu compartilhar. Pois, os passos deste processo de aprendizagem foram facilitados e orientados pelos professores. Desta forma procurou-se valorizar as concepções aprendidas significativamente ao longo da formação de vida de cada estudante, para que o processo de

ensino e aprendizagem seja efetivo e resultante da interação entre conhecimentos já existentes e novos, fazendo da sala de aula uma amostragem da relação do aluno com o mundo.

A biotecnologia foi trabalhada através de uma metodologia que buscou criar inter-relações entre os conteúdos da disciplina com temas vindos da realidade do aluno: a análise dos conteúdos do iogurte e sua relação com as bactérias, a fabricação do pão, a extração do DNA da banana, entre outros. Desta forma, o desenvolvimento das atividades educativas procurou utilizar materiais dinâmicos e didáticos como jornais, revistas, filmes, textos pesquisados na Internet, entre outros, como uma opção de aprendizagem significativa e colaboradora no processo ensino-aprendizagem de biotecnologia nas escolas.

No trabalho em grupo foi possível constatar a participação dos alunos na formulação de hipóteses e intercâmbio de idéias, como também eles se mostraram bastante entusiasmados com a realização das atividades práticas. Pelos resultados obtidos nos pós-testes, percebeu-se que a proposta de ensino possibilitou um ambiente de aprendizagem significativa, pois as respostas dadas pelos alunos durante a realização das atividades demonstraram a capacidade destes de integrar, modificar e estabelecer novas relações entre conhecimentos que já possuíam, com novos conhecimentos adquiridos. Mas, deve-se alertar que não era escopo desta pesquisa estabelecer modelos pedagógicos da teoria da aprendizagem significativa. Para que o discurso da aprendizagem significativa se concretize é preciso um trabalho mais aprofundado, que vai além de novas metodologias práticas, recursos didáticos ou, até mesmo, de um aparato tecnológico do aluno: investimentos que se traduzem numa série de decisões de ordem pedagógica, que envolve todo processo educativo, desde a elaboração do currículo até as práticas escolares na sala de aula.

Deste modo, a PEB funciona como elemento colaborador e facilitador do processo ensino e aprendizagem em biotecnologia, suportada no ensino construtivista. Porém, poderá ser utilizada por qualquer escola, mesmo que dominadas por uma concepção pedagógica tradicional. Isso pode ser feito de forma integral ou utilizando-se parte das atividades que estejam mais adequadas ao programa de ensino desenvolvido na escola. Portanto, são necessárias mais pesquisas que também encontrem outros caminhos metodológicos que visem a auxiliar a construção dos conhecimentos articulados com as experiências, interesses e conhecimentos prévios do aluno e que proporcione a sua emancipação intelectual.

Com relação às concepções sobre biotecnologia e sua aplicação, constatou-se evidências que os alunos participantes das atividades práticas puderam um melhorar suas dimensões cognitivas, evidenciado pelo desempenho dos estudantes na análise metodológica

comparativa de pré e pós-teste. Os resultados de forma geral mostraram que a PEB foi um recurso pedagógico auxiliar facilitador no processo de aprendizagem do tema.

Constatou-se que mesmo a biotecnologia estando presente em várias atividades humanas, a ciência e a tecnologia ainda estão distantes do ambiente escolar conforme foi observado através do desconhecimento dos alunos das séries finais do ensino médio das escolas participantes. Verificou-se no pós-teste em comparação com o pré-teste que houve um incremento no percentual de alunos que reconheceram a biotecnologia como ciência que vai beneficiar a sociedade em diversas áreas, principalmente na área da saúde. Houve também uma redução bastante expressiva de alunos que não tinham opinião formada a respeito da dimensão social da biotecnologia de forma que as atividades de ensino desta pesquisa, por intermédio de estudos recíprocos e atividades práticas também possibilitaram aos alunos a apropriação de saberes científico que ajudaram na expressão de pareceres ou entendimento em relação à interferência que as novas tecnologias podem provocar na sociedade e no seu dia a dia.

Outra modificação reflexiva verificada no decorrer da pesquisa foi em relação ao estudo da biotecnologia no espaço escolar. O pré-teste indicou que muitos alunos concordaram com o ensino da biotecnologia na escola por julgarem ser uma matéria interessante e necessária de se conhecer, mas não tinham justificativas consistentes para este interesse ou, muitas delas, eram intuitivas e em grande parte influenciada pela mídia. Notou-se, no pós-teste, que as opiniões modificaram-se e diversificaram-se, embora muitos alunos não conseguiram explicar com clareza a importância da biotecnologia. De forma geral, os alunos passaram a reconhecer a biotecnologia como uma ciência importante para o futuro da humanidade, na qual se pode estudar a aplicação do DNA por meio de diversas tecnologias na produção de uma série de serviços.

A biotecnologia tem como proposta a melhoria da qualidade de vida, processo este que exige investimentos em educação, ciência e tecnologia e capacitação profissional. Existe a necessidade premente de diagnosticar o grau de dificuldades dos alunos e professores no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos hábitos e habilidades em biotecnologia no sentido de se estudar e revisar as propostas pedagógicas para o ensino da biotecnologia na educação básica.

Com relação ao estudo do DNA, a adoção do modelo plástico na construção da molécula foi uma ferramenta eficaz no entendimento dos ácidos nucléicos, visando a sua aplicação na biotecnologia. Vale destacar que se esperava que as 3<sup>as</sup> séries do ensino médio já tivessem aprendidos os conceitos básicos sobre a estrutura e função desta molécula, mas os

resultados do pré-teste demonstraram que grande parte dos alunos apresentou falha de bagagem cognitiva do conteúdo básico para este assunto e, provavelmente, esta realidade interferiu no desempenho final dos alunos, conforme verificado nos resultados de pós teste. Portanto, a proposta de ensino desta pesquisa previa 3 aulas para consolidação de conceitos e simulação da molécula de DNA, mas houve a necessidade de incluir, nestas aulas, a retomada da introdução de conceitos fundamentais sobre o DNA, de modo que muitos alunos partiram de uma situação inicial. Apresentando um total desconhecimento sobre os ácidos nucleicos e, no final, atingiram um grau de conhecimento considerado nesta pesquisa, como categoria de respostas parcialmente corretas quando se esperava um maior número de respostas corretas.

Como sugestão de material didático alternativo, outros modelos mais simplificados para a simulação do DNA também poderão ser utilizados, um exemplo é o uso de balas de goma para confeccionar um DNA comestível ou o uso de palitos e fios de arame ou, ainda, a utilização de recursos simplificados, como cartolinas para desenhar e recortar as bases nitrogenadas e as pontes de hidrogênios. Outro recurso que poderá ser usado é a utilização do espaço virtual disponível na escola para a montagem da molécula do DNA com a utilização de recursos multimídia, acesso a internet em sites ligados a Universidades como USP, UFSCAR, UFRGS, Universidade do Porto, entre outras.

Uma observação relevante a ser repensada na formulação de propostas de ensino é o uso da interdisciplinaridade que cada vez mais se destaca no âmbito das propostas metodológicas educacionais brasileiras. No âmbito das propostas dos PCNEM (Parâmetros Nacionais Curriculares para o Ensino Médio), o DNA é um tema que pode ser amplamente trabalhado através de uma abordagem interdisciplinar, integrando principalmente as áreas de química e biologia. Um outro exemplo pertinente, é o emprego de enzimas como ferramenta de trabalho no desenvolvimento de metodologias analíticas em diferentes áreas de estudos, seja acadêmica ou industrial. Essas substâncias orgânicas, normalmente de natureza protéica, são bastante empregadas, tanto nas áreas de química, quanto na de biotecnologia.

A fundamentação de conceitos com base na interdisciplinaridade contemplando as áreas da física, química, matemática, biologia e outras, evitam a fragmentação e a compartimentação dos diferentes saberes, propicia uma maior interação entre as áreas e gera uma visão interdisciplinar dos conceitos aprendidos pelo aluno. A relação da química com a física e a biologia também esta cada vez mais explícita no exame nacional do ensino médio (Enem). As três disciplinas fazem parte de uma mesma área de conhecimento delimitada pelo Enem e compõem a área de ciências da natureza e suas tecnologias, que corresponde a um quarto das questões da prova objetiva. Este exame atualmente tem explorado temas como

desenvolvimento científico, conservação do ambiente, biotecnologia e uso da ciência para solucionar problemas sociais e econômicos.

A PEB encontrou uma série de empecilhos para a sua concretização, principalmente no desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar. Primeiramente, é bastante dificultoso adentrar o espaço escolar para desenvolver projetos de ensino: a aplicação das atividades práticas se restringiu às aulas de biologia e não despertou o interesse por outras disciplinas. Um outro fator negativo para a aprendizagem interdisciplinar, principalmente ligada à área de química, é a falta de sincronismo nos períodos e séries em que os conteúdos são desenvolvidos. Por exemplo, o estudo químico das moléculas biológicas deveria estar pautado na relação da composição química e sua função nos organismos. No entanto, observa-se que o estudo do DNA é realizado em momentos bastante diferentes, se comparamos os ensinamentos nas disciplinas de química e biologia. Assim, o estudo das moléculas orgânicas na biologia muitas vezes se inicia antes mesmo de o aluno ter o conhecimento relativo dos átomos, ligações e mesmo às moléculas, conteúdos que se mostram necessários para o entendimento desse estudo inicial da biologia, pelo menos com a complexidade que é abordada. Na química, por sua vez, o estudo do DNA é realizado no ensino médio, após a aprendizagem dos conteúdos de química orgânica que são considerados um pré-requisito necessário para a compreensão da estrutura do DNA. Dessa forma, o estudo do DNA aparece nas duas disciplinas em momentos bastante distantes, trabalhados com enfoques totalmente diferentes e sem o estabelecimento de um vínculo entre os conteúdos de uma e outra disciplina. No processo de recomendações do PCNEM, princípios como interdisciplinaridade e contextualização estão presentes, mas observou-se uma distância muito grande entre essas recomendações teorizadas e a sua efetiva aplicação.

O estudo dos seres vivos como bactérias, fungos e vírus revelaram que alunos das séries finais do ensino médio têm concepções vagas e confusas sobre micro-organismos e, principalmente associam estes grupos de seres vivos a existência de doenças e sujeira. A maioria dos alunos entrevistados não conseguiu no pré-teste identificar a importância destes grupos na vida do planeta e nem estabelecer uma relação entre eles e suas aplicações na biotecnologia. A PEB possibilitou que os conhecimentos sobre bactérias e fungos fossem aprofundados e compartilhados por meio de estudos recíprocos, atividades práticas e discussão com a orientação do professor através da contextualização com a vida cotidiana. A PEB procurou utilizar práticas inovadoras que contribuíssem para um melhor entendimento sobre o tema, mas muitos alunos pesquisados apresentaram dificuldades na compreensão de alguns conceitos científicos sobre os micro-organismos e sua utilização na biotecnologia,

indicando a necessidade da realização de mais pesquisas e reformulação de modelos pedagógicos que permitam, de forma mais efetiva, a formação de conceitos biológicos pelos estudantes.

A PEB investigou o que alunos da educação básica sabiam sobre transgênicos e quais as suas opiniões sobre as aplicações destes na biotecnologia e as questões éticas geradas. Foi observado que os conhecimentos sobre o tema são adquiridos através da divulgação na mídia como rádio, televisão, jornais e revistas, entre outras. Os resultados ressaltam a necessidade da apropriação dos conceitos científicos envolvendo a transgenia, que estão na base dos atuais avanços biotecnológicos, para que os estudantes possam no ambiente escolar, compreender e posicionar-se criticamente sobre seus benefícios e implicações. A escola não tem possibilitado aos alunos o entendimento da realidade atual sobre transgênicos, portanto novas propostas pedagógicas devem ser estabelecidas para promover uma educação que possibilite aos estudantes a apropriação de conhecimentos científicos para que possam tomar decisões conscientes e esclarecidas.

A PEB contribui para a reformulação de conceitos em biotecnologia a partir de concepções prévias dos alunos retiradas do senso comum e elaboração do pensamento científico, facilitado por um modelo pedagógico que estimulou a participação dos alunos e privilegiou um ambiente de aprendizagem fortemente interativo com atividades práticas, análise de textos e momentos de discussão. A observação dos resultados obtidos no conjunto de respostas apresentadas pelos estudantes e analisadas no decorrer desta pesquisa, demonstra a importância dos procedimentos didático-pedagógicos utilizados na mediação do processo ensino e aprendizagem que possibilitam um ganho no desempenho do aluno em relação ao estudo da biotecnologia

Ressalta-se que a PEB não constitui um estudo completo e finalizado, pois foi observado que muitos alunos, embora melhorassem as suas concepções sobre a biotecnologia, tem dificuldade de discorrer sobre o tema, ficando como sugestão as implicações para futuras pesquisas, incluindo as parcerias Universidades-Secretaria da Educação na capacitação dos professores em propostas pedagógicas inovadoras, interdisciplinares e contextualizadas no ensino da Biologia. Observou-se que, apesar da implantação dos cadernos curriculares pela Secretaria Estadual de Ensino de São Paulo que contemplam temas de biotecnologia propostos pelos PCNs, os alunos pouco conhecem o assunto e, possivelmente, muitos professores também, resultando em dificuldades, ou até mesmo, na ausência de ensinamentos de temas relacionados à biotecnologia.

Diante deste contexto, durante o desenvolvimento da PEB algumas dificuldades inerentes à elaboração da metodologia da proposta pedagógica também constituíram limitações que colaboraram para o desempenho, ou até insucesso, do trabalho educacional pedagógico, como os considerados abaixo:

- Importância do compromisso dos educadores e da comunidade na promoção da educação;
- Carga horária bastante reduzida para uma grande quantidade de conteúdos a serem trabalhados na disciplina de biologia;
- A escola necessita de infra-estrutura básica para a prática docente como tomadas elétricas, pias, cortinas nas salas, entre outros;
- A biblioteca escolar deve ter um acervo mínimo de livros, revistas, artigos atualizados para um melhor aprimoramento dos estudos, tanto do corpo discente como do corpo docente;
- As escolas necessitam de instalações de laboratórios, bibliotecas, computadores, como também de recursos pedagógicos auxiliares como data-show, retro-projetor, salas de vídeos, entre outros, que favoreçam as situações de aprendizagem;
- A Secretaria da Educação Básica deve favorecer a educação continuada através de cursos de capacitação e reformulação de propostas pedagógicas, com ampla participação dos docentes.

Apesar das limitações observadas neste estudo, acredita-se que os resultados apresentados trouxeram contribuições significativas para a prática pedagógica e, possivelmente, outros docentes e pesquisadores terão a oportunidade de trabalhar esta metodologia de ensino e poderão trazer reflexões, críticas, sugestões que venham a somar ao trabalho educacional e científico que esta PEB procurou desempenhar.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, A.C.R. Nos limiares de pensar o mundo como representações. **Pro-Posições**, São Paulo. v.17, n 1, p.177-194, abr.2006.

ANCIÃES, W.; CASSIOLATO, J.E. **Biotechnologia: seus impactos no setor industrial**.Brasília: CNPq, 1985.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology Cognitive View**. 2.ed. New York: Holt, Rineharte Winston, 1978.

BALOTI, L.; KINDEL, E. A.I. Uma experiência no ensino de Ciências. In: XAVIER, M.L.M.; ZEN, M.I.H.D. (Orgs.). **Planejamento em destaque: análises menos convencionais**. 3. ed. Porto Alegre: Mediação, 2003.

BANET, E.; AYUSO, E. Introduccion a la genética em la enseñanza secundaria y bachile rato: I. contenidos de enseñanza y conocimiento de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.13, n.2, p.137-153,1995.

BANET, E.; AYUSO, E. La herança Biológica em la educacion secundaria: reflexiones sobre los programas y las estratégias de enseñanza. **Didácticas de las ciencias Experimentales**, Barcelona, v.16, p. 21-31, 1998.

BELTRAMINI, L. Centro em São Carlos leva Biotechnologia às escolas. 2008. Disponível em: <<http://doutorjairo.uol.com.br/atualidades.asp?IdConteudo=489&idTipoItem=22>>. Acesso em: 10 set. 2009.

BOREM, A. A. História da Biotechnologia: Biotechnologia. **Revista Biotechnologia Ciência e Desenvolvimento**, n.34 - janeiro/junho 2005.

BOSSOLAN, NRS; SANTOS, NF; MORENO, RR; BELTRAMINI, LM. O Centro de Biotechnologia Molecular Estrutural: Aplicação de Recursos Didáticos Desenvolvidos Junto ao Ensino Médio. **Ciência e Cultura**, v 57, n 4,p 41-42. 2005.Disponível em: < <http://www.bioinfo.ufpb.br/difusao/pdf/receduinternet.pdf> >Acesso em: 10 dez.2009.

BRASIL, **Decreto 6041**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm) >. Acesso em: 10 maio 2009.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº. 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Rio de Janeiro: Editora Dunya. Brasil. 1998.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.105** de 24 de março de 2005. Clonagem e transgênicos, normas complementares, acordos e protocolos internacionais. Brasília-DF. 2005

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia -**Legislação**. 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/>. Acesso em: 10 maio 2009.

BRASIL, Ministério da educação (MEC). **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio** (DCNEM). Conselho Nacional de Educação. 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/res0398.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2009.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Matriz de Referência de Ciências da Natureza e sua Tecnologia**. Brasília 2009. Disponível em: [http://www.enem.inep.gov.br/Enem2009\\_matriz.pdf](http://www.enem.inep.gov.br/Enem2009_matriz.pdf). Acesso em 01 set. 2009.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Orientações Curriculares Para o Ensino Médio. OCEM**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias Humanas e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. v. 3, DF. Brasília. 2006.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **PCN Ensino Médio: Orientações educacionais complementares dos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília. 2002.

BUNDERS, J.; HAVERKORT, B.; HIEMSTRA, W. Biotechnology: **Building on Farmer's Knowledge**. London: Macmillan Education, 1996.

CABALLER, M.J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula del finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, v11, n.1, p.63-68, 1993.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Perspectivas de ensino**. 2. ed. Porto: CEEC, 2001. (Textos de apoio, 1).

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M.E. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. **Genética na escola**. 2007. Disponível em: <http://www.geneticanaescola.com.br/ano2vol1/05.pdf>. Acesso: em 10 nov. 2009.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: O ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTP, 1999

CARRETERO, M. **Construtivismo e educação**. Artes Médicas. Porto Alegre. 1997.

CBA-Centro de Biotecnologia da Amazonia. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.suframa.gov.br/cba/legislacaoeba.cfm>>. Acesso em: 10 maio 2009.

CENTRO de Biotecnologia Molecular Estrutural-CBME, Produtos: Disponível em: <<http://cbme.if.sc.usp.br/difusão/tabelaprod2.php>>. Acesso em 10 maio 2009.

CHOPRA, P.; KAMMA, A. Engineering life through synthetic biology. **Silico Biology**, vol. 6, 2006.

CONSELHO Argentino para Informação e Desenvolvimento da Biotecnologia (ARGENBIO). A biotecnologia. Disponível em: <[www.argenbio.org/](http://www.argenbio.org/)> Acesso em: 03 abr. 2009.

CONVENÇÃO sobre biodiversidade biológica. **Decreto legislativo nº2**, de 5 de junho de 1994. Brasília-DF. Disponível em: <[www.cbd.gov.br/CDB](http://www.cbd.gov.br/CDB)> .Acesso em: 22 jun. 2007.

COMISSÃO Técnica Nacional de Biotecnologia- CTNBio. **Legislação**, 2006. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/>>. Acesso em 10 maio 2009.

DOURADO, L. Concepcion e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas a implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo. **Revista Eletrônica de Ensenanza de Las Ciencias**. Barcelona, v.5, n.1, 2006.

ENGLE, R. A.; CONANT, F. R. Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: explaining an emergent argument in a community of learnersclassroom. Cognition and Instruction. **Lawrence Erlbaum Associates Inc**. v.20, n.4, 2002.

EUROPEAN Initiative for Biotechnology Education-EIBE. **Unidade 17 Biotecnologia: Pasado y Presente**, 2000. Disponível em; <[www.eibe.info/](http://www.eibe.info/)> Acesso em: 02 jun. 2007.

EXPERIMENTOTECA. CDCC-USP. **Biologia Molecular-Histórico**. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/biologia/11domino\\_op.pdf](http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/biologia/11domino_op.pdf)> . Acesso em: 10 ago. 2009.

FITTIPALDI, C. D.; ROCHA, M. F. Aplicação e análise do jogo “determinando o sexo”. XVII Encontro de Genética do Nordeste, 17, 2006, Recife. Programa. Recife: **Sociedade Brasileira de Genética**, 2006. CD.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo, Paz e Terra, 1996.

FUMAGALLI, L. **El desafío de enseñar ciencias naturales. Una propuesta didáctica para la escuela media**. Buenos Aires. Troquel. 1993.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber das concepções dos aprendentes dos concertos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996..

GUIDOLIN, A.F.; DUARTE, C.R.A. Como a Sociedade vê o Teste de Paternidade pela análise do DNA. **UNIPLAC**. 2006. Disponível em: <<http://www.paternidaderesponsavel.org.br/Artigos/SociedadeDNA.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

GUIMARÃES, W. A. Ensino de Biotecnologia: Representações sociais de professores de Biologia. **Dissertação**. Universidade de Mogi das Cruzes, 2008.

HAYDT, R.C. **Avaliação do Processo Ensino-Aprendizagem**. São Paulo: Ática, 1988.

HARMS, U. Biotechnology Education in Schools. **Electronic Journal of Biotechnology**. v.5. n.3. december 2002.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo escolar**. 1998. Disponível em: <[http://www.inep.gov.br/imprensa/noticias/censo/escolar/news98\\_012.htm](http://www.inep.gov.br/imprensa/noticias/censo/escolar/news98_012.htm)>. Acesso em 02 dez. 2009.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **ENEM 2008**. Disponível em: < [www.enem.inep.gov.br/](http://www.enem.inep.gov.br/) >. Acesso em 02 dez. 2009.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **PISA 2006**. Disponível em: < [www.inep.gov.br/internacional/pisa/](http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/)>. Acesso em 02 dez. 2009.

INSTITUTO de Tecnologia ORT. **O que é Biotecnologia?** 2008. Disponível em: <<http://www.ort.org.br/biotecnologia/o-que-e-biotecnologia>>. Acesso em 01 abr. 2009.

KNEEN, B. **Farmageddon: food and the culture of biotechnology**. Gabriola Sland, Canadá: New Society Publishers, 1999.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Recombinant DNA and biotechnology: a guide for teachers**. 2. ed. Washington: ASM Press, 2001.

KRUGER, V., Formação Continuada de Professores de Ciências: o trabalho docente como referencia. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 26, n. 51, 2003.

LACEY, H. **Valores e Atividade Científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.

LERAYER, A.; É preciso esclarecer o que é biotecnologia". **Terra Networks Brasil S.A.** 2009. Disponível em: < <http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI364479-EI2437,00.html>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

LERDERBEG, J. The transformation of genetics by DNA. **Anniversary celebration of Avery, Macleod an McCarty (1944)**. Genetics. v.136. p.425. february 1994.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de vasiliDavídov. **Revista Brasileira de Educação**, nº 27, set-dez. 2004.

LORETO, É. L. S.; SEPEL, L. M. N. Formação Continuada de Professores de Biologia do Ensino Médio : Atualização em Genética e Biologia molecular. Universidade de Santa Maria. 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/formcont\\_ufsm.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/formcont_ufsm.pdf)>. Acesso em 10 nov. 2009.

MACHADO, L.B. Representações Sociais de Construtivismo entre Professores Alfabetizadores. **Ciências Sociais em Perspectiva** (6) SP. 1º sem. 2007.

MALDANER, O. A. Formação Inicial e Continuada de Professores de Química. Professores/Pesquisadores. 2. ed. Revisada. Ed. UNIJUI: Ijuí, 2003.

MARANDINO, M. A pesquisa educacional e a produção de saberes nos museus de ciências. **História, Ciências, Saúde. Manguinhos**, v.12 (suplemento), 2005.

MARBACH-AD, G e STAVY, R.. Students cellular and molecular explanations of genetic phenomena. **Journal of Biological Education**, v.34, n.4.2000.

MARTINS, J. S. Projetos de pesquisa: estratégias de ensino e aprendizagem em sala de aula. Campinas-SP: Armazém do Ipê (autores Associados), 2005.

MARTHO G.R.; AMABIS, J.M. **Biologia**. 2. ed. v. 3. São Paulo. Moderna, 2004.

MARTHO G.R. AMABIS, J.M. **Conceitos de Biologia**. São Paulo. Ed. Moderna. 2001

MARTHO, G.R. AMABIS, J.M. Trabalhando Temas Fundamentais: Código Genético e Síntese de Proteínas. **Propostas para desenvolver em sala de aula. Nº. 7**, Editora Moderna. São Paulo. 1998.

MENEZES, M.N.A. de.; FRANCO, V.L.A. de A.M. Soja transgênica: a biotecnologia desenvolvida para o uso de um único produto químico.2008.Disponível em: <[http://agata.ucg.br/formularios/ucg/institutos/nepjur/pdf/pos\\_06.pdf](http://agata.ucg.br/formularios/ucg/institutos/nepjur/pdf/pos_06.pdf)>. Acesso em: 10 maio2008.

MIGUÉNS, M.I. O trabalho Prático Experimental e o ensino das investigações na educação básica. **Seminário Ensino Experimental e Construção de Saberes**. Conselho Nacional de Educação. Lisboa. 77-95. 1999.

MINTZES, J.J.; WANDERSEE, J.H. e NOVAK, J.D. Teaching Science for Understanding-a human constructivist view. **Educational Psychology Series**. London; Elsevier Academic Press.2005.

MORANGE, M. **Histoire De La Biologie Moleculaire**. Edté par De couverte.Paris.1994.

MORIN, E. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

MUNICIO J.I.P.; CRESPO, M.A.G. **Aprender y ensinar ciência**. Ediciones Morata. SL, Madrid. 1998.

NODARI, R.O. SILVA, L.G.; **Biotecnologia e Biossegurança, pertinência e riscos**. 2006. Disponível em: <[http://www.riscobiologico.org/lista\\_discussao.asp?acao=2&id\\_pagina=135&id\\_categoria=26](http://www.riscobiologico.org/lista_discussao.asp?acao=2&id_pagina=135&id_categoria=26)> Acesso em 10 set. 2007.

ODA, L. DNA: O que mudou na vida do homem? **Revista ECO 21**, n.76. 2003. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/home/index.asp/>>. Acesso em 22 ago. 2007.

OLIVEIRA, M. B. Desmercantilizar a tecnociência. In: SANTOS B. S. **Conhecimento prudente para uma vida decente: “Um discurso sobre as ciências”**. Porto: Edições Afrontamento, 2003.

PEDRANCINI, V.D.; CORAZZA-NUNES, M.J.; GALUCH, M.T.B. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a aproximação do saber científico e biotecnológico. **Em anais do II Congresso Internacional de Psicologia e VII Semana de Psicologia da Universidade Estadual de Maringá**. Maringá, Paraná, Brasil. 2005. Versão CD-ROM.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R. NUNES, W.M.C. O que conhecemos alunos do Ensino Médio e Ensino Superior sobre Transgênicos. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p1158.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA A. L. O.R.; NUNES, W. M. C. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciênc. Educ.** (Bauru) vol.14 no.1. Bauru 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100009&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 nov. 2009.

PEDROSA, M.A. Ensino das Ciências e Trabalhos Práticos-(Re) Conceptualizar... In Veríssimo, A. Pedrosa, A. Ribeiro, R (Coords. 9Re) **Pensar O Ensino das Ciências**. Lisboa. Ministério da Educação-Departamento do Ensino Secundário. Lisboa19-33.2001

PEREIRA, M.E.C.; JURBERG, C.; COSTA, M.F.B. COSTA, M.A.F. Reflexões sobre conceitos estruturantes em biossegurança: contribuições para o ensino de ciências. **Ciências e Cognição** 2009; Vol. 14 (1): 296-303.

PROPOSTA Curricular do Estado de São Paulo: Biologia. São Paulo: SEE, 2008. Disponível em: <[http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop\\_BIO\\_COMP\\_red\\_md\\_20\\_03.pdf](http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop_BIO_COMP_red_md_20_03.pdf)>. Acesso em 10 NOV. 2009.

RATLEDGE, C.; KRISTIANSEN, B. RATLEDGE, C. **Basic Biotechnology**, 3. ed., New York: Cambridge University Press, UK.2006.

REIS, P., RODRIGUES, S. SANTOS, F. Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.5, 2006.

ROSA, R. T. D. Pensando a sala de aula: doses homeopáticas de mudança. In: DOLL, J. & ROSA, R. T. D. (Orgs.). **Metodologia de ensino em foco: práticas e reflexões**. Porto Alegre: Ed. UFRGS. 2004.

SALLES FILHO, S.L.; CERANTOLA, W.; ÁLVARES, M. As promessas da Biotecnologia para a América Latina: Um alerta. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v.16, n.16, p. 13-27. 1985.

SALLES FILHO, S. L.; FUTINO, A.M. A Biotecnologia na agricultura brasileira: A indústria de defensivos agrícolas e o controle biológico. **Revista Agricultura em São Paulo**. vol.38..1991.

SANTOS, W. P. ; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências** , v. 14. 2009.

SARTORETTO, L.M. SALDANHA, C.W.; CORDER, M.P.M. Transformação genética: estratégias e aplicações para o melhoramento genético de espécies florestais. **Cienc. Rural** vol.38 nº.3 Santa Maria May/June 2008.

SERAFINI, L.A.; de BARROS, N.M.; AZEVEDO, J.L. **Biotecnologia na Agricultura e na Agroindústria**. Caxias do Sul: EDUCS. 2002.

SILVA, L.H.P. Ciências Biológicas e Biotecnologia; realidades e virtualidades. **Perspectivas**. v.14. n.3 p.60-67. 2000.

SILVA, R.G.R.; CALSA, G.C. Síntese Protéica: A analogia das contas. **I Encontro Paranaense de Psicopedagogia – ABPppr** – nov./2003.

SILVEIRA, J.M. Evolução recente da Biotecnologia no Brasil. **Texto para discussão**. I.E./UNICAMP. N.114, fev.2004.

TAKAHASHI, J. A.; MARTINS, P. F. F.; QUADROS, A. L. Questões Tecnológicas Permeando o Ensino de Química: O Caso dos Transgênicos. **Química nova escola**. 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc29/02-QS-1506.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2009..

UNIFESP-Universidade Federal de São Paulo. O Fluxo da informação Gênica. **Capacitação para os professores de Biologia do Ensino Médio**. São Paulo. 2009.

UNIVERSIDADE do Porto. **Projeto Biotecnologia na escola**. Disponível em: <<http://biotecnologia-na-escola.up.pt/>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

UNIVERSITY of Maryland Biotechnology Institute. **Life.Science.Works**. What is biotechnology? Disponível em: <<http://www.umbi.umd.edu/about/what-is-biotechnology.php>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

VALLE, S. Transgênicos sem maniqueísmos. **História, Ciências e Saúde. Manguinhos**, vol.VII. p. 493-98. jul. - out. 2000.

VALOIS, A.C.C. **Programa de Alimentos Seguros. Embrapa**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/imprensa.2004-11-25.4590548946/25.4590548946/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

VALOIS, A.C.C. Segurança biológica: agricultura, pecuária e florestas saudáveis e livres de doenças e pragas. **ABRACITE**. 2004: Disponível em: <<http://www.abracite.org.br/index.php?action=veinformativo&infid=379>>. Acesso em: 10 maio 2009..

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**, 2. ed. São Paulo: Martins Fontes. 2003.

VILLEN, R.A. Biotecnologia: História e Tendências. **Revista de Graduação da Engenharia Química**. Ano V. n.10. Jul. - dez.2002. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq10/rfel.htm> >. Acesso em: 25 jul. 2007.

WATSON, J. D. **A dupla hélice**. Lisboa, Gradiva, 1987.

WOOLFOLK, A. **Psicologia da educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

WUO, M.; GUIMARÃES, W. A. Representações Sociais de Professores de Biologia sobre o Ensino de Biotecnologia. In: WITTER, Geraldina P.; FIJIWARA, Ricardo. **Ensino de Ciências e Matemática**. Cotia: Ateliê Editorial, 2009.

WUO, M. LINKBIODIDÁTICA - Subsídios Teóricos e Práticos para o Ensino de Biologia. Universidade de Mogi das Cruzes. 2007.

**APÊNDICE A - Tema 1: Biotecnologia.**

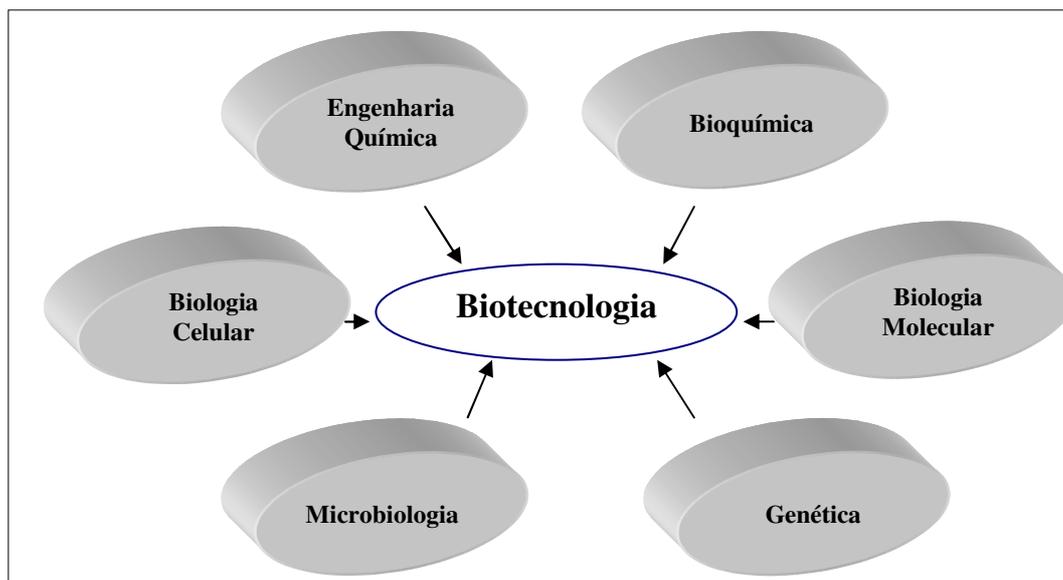
**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**  
Pesquisador Responsável: Prof.Dr. Moacir Wuo  
Mestrando: Marcos Antonio Galanjauskas

### **Biotecnologia no Ensino Médio: Proposta de atividades teórico-práticas**

Prezado aluno.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver atividades teórico-práticas na área de Biotecnologia, fundamentadas em métodos científicos que possibilitem relacionar a utilização das novas tecnologias com os conceitos fundamentais das Ciências Biológicas. Um conceito amplo de Biotecnologia pode ser definido por um conjunto de técnicas de natureza variada que use sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para fazer ou modificar produtos ou processos de interesse comercial e/ou social.

A Biotecnologia tradicional ou clássica já era bastante utilizada na produção de alimentos, mas com a descoberta do DNA e sua manipulação ocorreu uma verdadeira revolução na Biotecnologia que passou a ser denominada Biotecnologia Moderna e que envolve diversas áreas de conhecimento (**Figura 1**).



**Figura 1.** As diversas áreas de conhecimento envolvidas na Biotecnologia

Para compreender melhor a biotecnologia e sua interferência na qualidade de vida, você está recebendo um **roteiro de atividades** para ser realizado em grupo de 03(três) alunos. O roteiro será complementado com novas atividades a cada aula, portanto é fundamental a sua participação em todas as aulas para uma efetiva aprendizagem. O roteiro ficará na escola e no final das atividades poderá ser levado pelo aluno.

Os temas a serem desenvolvidos são:

**Tema 1:** “Biotecnologia”

**Tema 2:** “Simulação da estrutura e função do DNA/RNA”

**Tema 3:** “Extração do DNA”

**Tema 4:** “Síntese de Proteínas”

**Tema 5:** “Cromossomo e divisão celular”

**Tema 6:** “Cariótipo: O estudo dos cromossomos”

**Tema 7:** “Teste de Paternidade”

**Tema 8:** “Bactérias e Fungos”

**Tema 9:** “Transgênicos e Bioética”

Identificação do grupo número: \_\_\_\_\_

Nome do aluno	Número

**Vamos iniciar!**

**Tema 1: Biotecnologia.**

O que é Biotecnologia? Dê exemplos de sua aplicação.

## BIOTECNOLOGIA

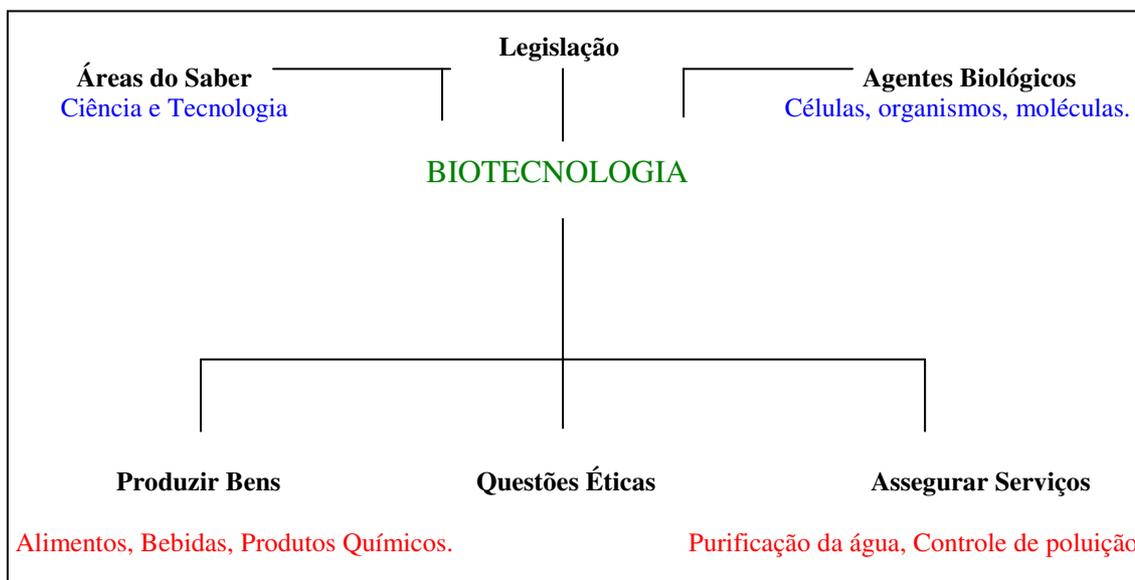
A palavra biotecnologia é formada por três termos de origem grega: bio, que quer dizer vida; logos, conhecimento e tecnos, que designa a utilização prática da ciência. Biotecnologia é o conjunto de conhecimentos que permite a utilização de agentes biológicos seja organismos, células, organelas ou moléculas, para obter bens ou assegurar serviços. Caracteriza-se por seu caráter sistêmico, interdisciplinar que sofre influência de várias ciências como química, bioquímica, engenharia enzimática, engenharia química e industrial, microbiologia, engenharia genética, engenharia microbiológica, matemática, informática, engenharia clássica, embriologia, robótica, bioética, biodireito, ciências humanas, entre outras.

### Alguns conceitos:

Segundo Farah, (2007), o termo biotecnologia, como visto antes, é de difícil definição por ter diferentes significados que envolve um conhecimento multidisciplinar, mas basicamente, refere-se à utilização de um organismo ou seu derivado para produzir uma variedade de substâncias.

Outros autores como Junqueira e Carneiro (2005) destacam a importância da Biotecnologia vegetal para isolar e manipular genes específicos de interesse agrônômico, conferindo resistência a pragas, a doenças entre outras. César e Sezar, (2007), de maneira simplificada dizem que a Biotecnologia representa o conjunto de técnicas em que são utilizados organismos vivos para obter produtos de interesse para a espécie humana.

Nodari (2007) também destaca a Biotecnologia, em seu sentido amplo, como a ciência que lida com a manipulação de microorganismos, plantas e animais objetivando obter processos e produtos de interesse social. A dimensão sócio-econômico-biológica da biotecnologia é ilustrada na **Figura 2** (Instituto de Tecnologia ORT-adaptado -2008).



**Figura 2:** Inter-relação da Ciência Biotecnologia e a produção de bens e serviços.  
Fonte: Instituto de Tecnologia- ORT-adaptado (2008).

## BIOTECNOLOGIA- HISTÓRICO

O uso da Biotecnologia teve o seu início com os processos fermentativos, cuja utilização transcende, de muito, o início da era Cristã. 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. Mais tarde, por volta do ano 2.000 a.C., os egípcios, que já utilizavam o fermento para fabricar cerveja, passaram emprega-lo também na fabricação de pão. Outras aplicações como a produção de vinagre, iogurte e queijos há muito são utilizadas pelo ser humano. Entretanto, não eram conhecidos os agentes causadores das fermentações que ficaram ocultos por 6 milênios . Somente no século dezessete através da visualização em microscópio foindescrito a existência de seres tão minúsculos que eram invisíveis a olho nu e em 1876, Louis Pasteur provou que a causa das fermentações era a ação desses seres minúsculos, os microrganismos.

A partir da primeira guerra, a Alemanha, que necessitava de grandes quantidades de glicerol para a fabricação de explosivos, desenvolveu através de um processo microbiológico de obtenção desse álcool, tendo chegado a produzir 1.000 toneladas do produto por mês.

Foi, todavia, a produção de antibióticos o grande marco de referência na fermentação industrial. A partir de 1928, com a descoberta da penicilina por Alexander Fleming, muitos tipos de antibióticos foram desenvolvidos no mundo.

A partir da década de 50 que a Biotecnologia, com a descoberta da síntese química do DNA, e com as técnicas de manipulação genética: DNA recombinante, fusão celular ou hibridoma, passou de fato a existir. Essas técnicas permitem, por exemplo, o enxerto de genes humanos que determinam a produção de insulina em um microrganismo. Isso leva a produzir a industrialmente insulina humana, substituindo, com grandes vantagens, a insulina bovina ou suína empregadas nos tratamentos de diabéticos.

Estágios de desenvolvimento da Biotecnologia

**Biotecnologia clássica** – Estabeleceu-se com base na biotecnologia antiga; fermentação promoveu a produção de alimentos, e medicina.

**Biotecnologia moderna** – manipula a informação genética nos organismos; Engenharia genética.

As principais ações da manipulação biológica na história serão listadas no **Quadro 1**:

Período	Acontecimento
6.000 a.C.	Bebidas alcoólicas ( cerveja e vinho ) são produzidas por sumérios e babilônios
2.000 a.C.	Panificação e bebidas fermentadas são utilizadas por egípcios e gregos
1875 d.C.	Pasteur mostra que a fermentação é causada por microrganismos
1880-1910	Surgimento da fermentação industrial (ácido láctico, etanol, vinagre)
1910-1940	Síntese de glicerol, acetona e ácido cítrico.
1940-1950	Antibióticos são produzidos em larga escala por processos fermentativos
1953	Estabelecida a estrutura do DNA
1073	Início da engenharia genética
1982	Insulina humana é produzida

**Quadro 1:** A biotecnologia nos diversos setores produtivos (CRUZ JÚNIOR, A.2004)

O impacto da Biotecnologia seja ela clássica ou moderna atinge os mais diversos setores como se observa no **Quadro 2**:

Setores	Bens e serviços
Agricultura	Adubo composto, pesticidas, silagem, mudas de plantas ou de árvores, plantas transgênicas.
Alimentação	Pães, queijos, picles, cerveja, vinho, proteína unicelular, aditivo.
Química	Butanol, acetona, glicerol, ácidos, enzimas, metais.
Eletrônica	Biosensores.
Energia	Etanol, biogás.
Meio Ambiente	Recuperação de petróleo, tratamento do lixo, purificação da água.
Pecuária	Embriões.
Saúde	Antibióticos, hormônios e outros produtos farmacêuticos, vacinas, reagentes e testes para diagnóstico.

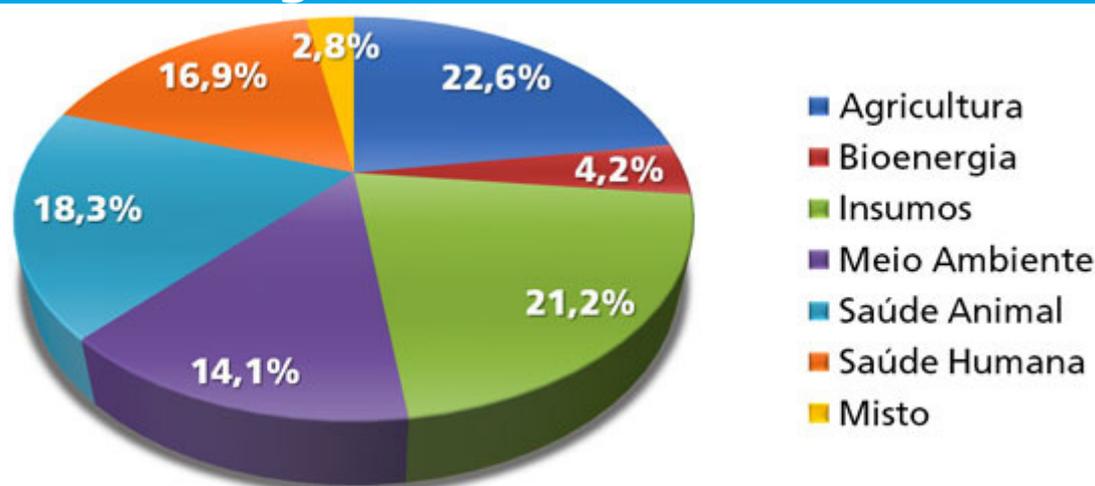
**Quadro 2:** Biotecnologia: Produtos e Serviços. (Ambiente Brasil, 2008)

O campo de atuação do biotecnólogo é bem amplo, pois o mesmo pode atuar em diversas áreas tais como: Agricultura (adubo composto, pesticidas, silagem, mudas de plantas ou de árvores, plantas transgênicas); Alimentação (pães, queijos, picles, cerveja, vinho, proteína unicelular, aditivos.); Química (butanol, acetona, glicerol, ácidos, enzimas, metais.); Eletrônica (biosensores); Energia (etanol, biogás); Meio Ambiente (recuperação de petróleo, tratamento do lixo, purificação da água); Pecuária (embriões); Saúde (antibióticos, hormônios e outros produtos farmacêuticos, vacinas, reagentes e testes para diagnóstico).

A Biotecnologia tem provocado inúmeros debates e controvérsias, (biodiversidade, patentes, ética). Seu futuro depende dos fatores econômicos e sociais que condicionam o desenvolvimento da sociedade.

O **Quadro 3** apresenta a distribuição das empresas de biotecnologia no Brasil por setor de atuação.

## Biotecnologia no Brasil



**Quadro 3:** Distribuição das empresas de biotecnologia no Brasil por setor de atuação (Fundação BIOMINAS, 2007)

## REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. Biotecnologia: Produtos e Serviços. 2008. Disponível em: <<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/biotecnologia.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

AMBIENTE BRASIL. O que é Biotecnologia? Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

BIOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.fea.br/FISMA/biotecnologia/APRESENTACAO.HTM>>. Acesso em: 19 nov. 2009.

CRUZ JÚNIOR, A. Biotecnologia - Histórico e Tendências. 2004. Disponível em: <[http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/biotecnologia/Biotecnologia.htm](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/biotecnologia/Biotecnologia.htm)>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARAH, S.B. DNA. Segredos & Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2007.

Fundação BIOMINAS, 2007. Disponível em : <http://www.hydrobac.com.br/pt/src/biotecnologia-no-brasil.php>. Acesso em : 10 maio 2008.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA-ORT. Biotecnologia. O que é Biotecnologia? 2008. Disponível em: <<http://www.ort.org.br/biotecnologia>>. Acesso em 15 abr. 2009.

JUNQUEIRA, L.C. CARNEIRO, J. Biologia celular e molecular. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

NODARI, R. O. Biossegurança, transgênicos e risco ambiental: os desafios da nova lei de biossegurança. In: Jose Rubens Morato Leite e Paulo Roney Avila Fagundez. (Org.). . In: José Rubens Morato Leite e Paulo Roney Avila Fagundez. (Org.). Biossegurança e novas tecnologias na sociedade de risco: aspectos jurídicos, técnicos e sociais. São José, SC: Conceito. Editorial, 2007.

SILVA JÚNIOR, C. SASSON, S. C. Biologia: volume único. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

SILVA, M. Hospedeiros para clonagem molecular. 1999. Disponível em: <[www.dbio.uevora.pt/.../Hospedeiros.html](http://www.dbio.uevora.pt/.../Hospedeiros.html)>. Acesso em: 15 abr. 2009.

## **APÊNDICE B - Tema 2: Simulação da estrutura do DNA**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

**Tema 2: Simulação da estrutura do DNA**

**Estrutura e função do DNA /RNA**

Um pouco da história do DNA-Ácidos nucleicos:

Em 1893 um cientista francês, Eduard Girard Balbiani, demonstrou através de experiências simples com amebas a importância do material nuclear no controle das atividades celulares: A ameba nucleada foi cortada em dois pedaços; o pedaço que continha o núcleo se desenvolveu normalmente e conseguiu se dividir, e o pedaço anucleado não foram capaz de manter as funções vitais e morreu. Concluiu-se que o material nuclear é responsável pela divisão celular e seu metabolismo.

Muitos outros cientistas também pesquisavam a importância do material nuclear:

Mendel, um monge austríaco, em 1865 fez experimentos cruzando variedades de ervilhas e concluiu que a herança dos seres vivos estava associada a determinadas “partículas” que seriam transmitidas nesses cruzamentos. Apesar de existirem indícios de que nelas estavam presentes as informações genéticas ainda não se sabia como essas informações eram transmitidas. Em 1944 três microbiologistas norte-americanos-Oswald Avery, Colin MacLeod e Maclyn McCarty-descobriram que uma substância denominada ácido desoxiribonucleico (DNA) e essa é a substância da qual os genes são feitos. As pesquisas continuaram e em 1953 o biólogo norte-americano, James Watson em parceria com o físico inglês Francis Crick identificaram a estrutura do DNA e suas propriedades.

**Vamos pensar...**

O que é DNA? Qual a sua composição? Qual a sua estrutura? Onde ele está localizado?

## Estrutura do DNA e código genético

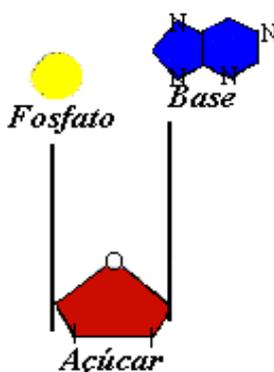
O material genético tem a função de guiar todas as etapas do desenvolvimento e manutenção da vida de um organismo. Para isto, ele deve ser capaz de armazenar a informação genética, replicar-se com fidelidade para garantir que a informação seja passada corretamente de geração para geração e também orientar a tradução da informação do genótipo para o fenótipo.

Em todos os organismos vivos, a função de material genético é realizada por macromoléculas conhecidas como ácidos nucleicos, que podem ser de dois tipos: DNA (ácido desoxirribonucléico) ou RNA (ácido ribonucléico).

O DNA é encontrado como material genético na maioria dos seres vivos. Salvo três exceções, o DNA está dentro do núcleo de todas as células dos organismos vivos. As exceções são: 1) os vírus, que não têm estrutura celular, mas têm material genético dentro deles; 2) as bactérias, que não têm núcleo, mas tem DNA solto pela célula; 3) as hemácias, que por serem extremamente especializadas no transporte de gases, perdem seu núcleo e conseqüentemente, o seu material genético nuclear.

O ácido nucleico é composto por duas longas cadeias de nucleotídeos que estão enroladas uma sobre a outra formando uma espiral. A informação genética está armazenada no DNA sob a forma de um código onde uma determinada seqüência de nucleotídeos corresponde a uma proteína com uma função específica no organismo.

O nucleotídeo (**Figura 1**), que é a unidade básica da cadeia de DNA, consiste em uma base que contém nitrogênio, um açúcar de cinco carbonos e um ou mais grupos fosfato.



**Figura 1:** Composição do nucleotídeo (DNA: Estrutura e Replicação, 2003)

O açúcar do DNA é uma pentose, ou seja, um açúcar contendo cinco carbonos, chamado 2'-desoxirribose. O nome complicado do DNA, ácido desoxirribonucléico é dado justamente por essa molécula de açúcar que está presente em sua molécula, a desoxirribose.

As bases nitrogenadas são compostas com anéis que contêm nitrogênio e pode ser de dois tipos: purina ou pirimidina. As purinas são adenina e guanina (A e G) e as pirimidinas são timina e citosina (T e C).

O último componente, o grupamento fosfato, consiste em um átomo de fósforo ligado a quatro átomos de oxigênio.

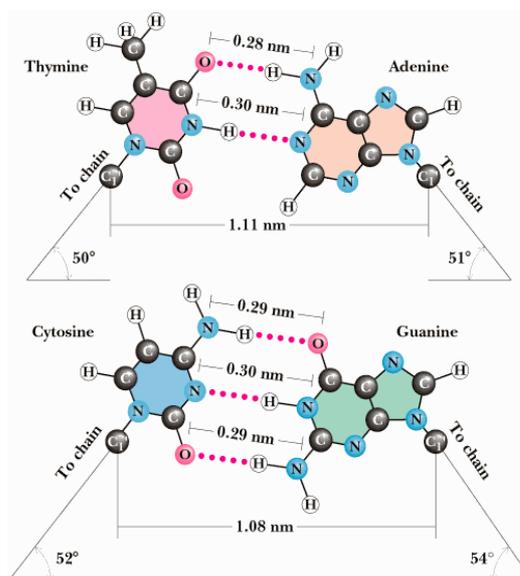
Os nucleotídeos são unidos uns aos outros por ligações covalentes chamadas de ligações fosfodiéster.

As duas cadeias de polinucleotídeos estão unidas por pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas de cada uma das cadeias. O pareamento entre as bases é específico (**Figura 2**):

A ligação entre as bases no DNA sempre se faz entre a adenina e a timina (duas pontes de hidrogênio) e a citosina e a guanina (três pontes de hidrogênio).

Em cada giro completo da dupla hélice existem 10 pares nucleotídeos, onde a distância entre estes pares é constante. Isto significa que o comprimento de um giro completo da dupla hélice é também é constante.

### Pareamento entre as bases nitrogenadas



**Figura 2:** Pareamento entre as bases nitrogenadas (DNA – Estrutura e Replicação,2003)

## Simulando a molécula do DNA

### MATERIAL

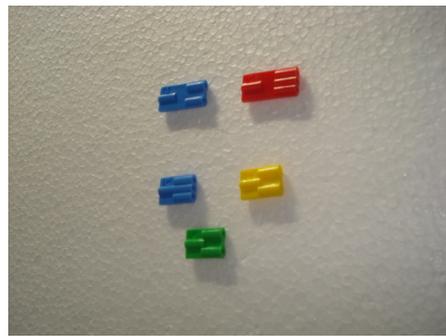
Para a simulação da molécula do DNA será utilizado o material desenvolvido pelo Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural (CBME) que é um dos dez centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs) financiados pela FAPESP, em parceria com o Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) da USP - São Carlos.

A) Conjunto de peças plásticas utilizadas na representação dos componentes Grupo fosfato e açúcar já ligado formando o complexo fosfato-açúcar (CFA)-**Figura 3**.



**Figura 3:** Peças representando o complexo fosfato-açúcar em cores fictícias (CBME Centro de biotecnologia Molecular).

B) Conjunto de peças representativas das bases nitrogenadas presentes nos ácidos nucleicos (DNA) (Adenina, Guanina, Citosina e Timina - **Figura 4**).



**Figura 4:** Peças representativas das bases nitrogenadas em cores fictícias. (CBME Centro de biotecnologia Molecular).

### As bases nitrogenadas (Figura 5)

Base	Adenina (A)	Guanina (G)	Timina (T)	Citosina (C)
Purina/ Pirimidina	Purina	Purina	Pirimidina	Pirimidina
Estrutura Química				
Representação Simplificada				

**Figura 5:** Representação esquemática das bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos: bases purinas e pirimidinas.

C) Peças representativas das ligações duplas e triplas de hidrogênio entre as bases nitrogenadas (**Figura 6**)



**Figura 6:** Peças representativas das ligações duplas e triplas de hidrogênio entre os nucleotídeos. (CBME Centro de biotecnologia Molecular).

D) Conjunto geral de peças para a representação dos modelos moleculares de DNA (**Figura 7**).



**Figura 7:** Conjunto das peças para simular a representações dos modelos moleculares de DNA. (CBME Centro de biotecnologia Molecular).

### **Agora vamos construir o DNA “A molécula da vida”**

Cada grupo está recebendo um conjunto de peças plásticas para simular a representação da estrutura dos ácidos nucleicos:

- 20 complexos fosfato-açúcar (CFA)
- 20 bases nitrogenadas variadas (A, G, T e C)
- 10 peças plásticas para ligação duplas ou triplas de hidrogênio

Na montagem do modelo de DNA as peças podem ser utilizadas com combinações variadas de cores.

Para auxiliar na montagem observe o **Quadro nº 1** e também algumas descobertas de Watson e Crick:

<b>1.1.1.1</b>	<b>Informações científicas</b>
	-A molécula de DNA é constituída por subunidades denominadas nucleotídeos: Cada nucleotídeo, por sua vez, é formado por 3 grupamentos químicos: um grupo fosfato, um grupo de açúcar e uma base nitrogenada;
	-O açúcar do DNA é uma pentose chamada desoxirribose;
	-As bases nitrogenadas para o DNA podem ser de quatro tipos: adenina (A), timina(T), citosina(C) e guanina(G);
	-As bases nitrogenadas não possuem afinidade com a água (hidrofóbicas);
	-Em uma molécula de DNA a quantidade de bases T é igual à quantidade de bases A e a de bases C é igual à de bases G;
	-No DNA, o fosfato só se liga ao açúcar (desoxirribose);
	-Os fosfatos têm carga negativa;
	-A molécula é helicoidal (em formato de hélice), formada por duas cadeias de nucleotídeos antiparalelas (dispostas em direções opostas).

**Quadro 1:** Informações sobre a estrutura do DNA (EXPERIMENTOTECA CDCC-US, 2005).

Watson e Crick construíram modelos em escala de uma dupla hélice em conformidade com os dados de cristalografia de raios-X e com a química conhecida do DNA. Em uma de suas tentativas sem sucesso, eles colocaram a cadeia de açúcar-fosfato dentro da molécula. Em uma e outra tentativa, Watson colocou a cadeia de açúcar-fosfato do lado de fora da molécula, o que permitiu que as bases nitrogenadas mais hidrofóbicas se refugiassem no interior da molécula, distante do meio aquoso. A estrutura proposta por estes pesquisadores era uma molécula em forma de escada enrolada em uma espiral, com a cadeia de açúcar-fosfato formando as laterais da escada e os pares de bases nitrogenadas formando os degraus (**Figura 8**). As duas cadeias de açúcar-fosfato da hélice são antiparalelas, isto é, elas estão dispostas em direções opostas. Apenas no pareamento das bases **adenina e timina** ou **guanina e citosina** há possibilidade de haver a formação de **pontes de hidrogênio** (duas pontes de hidrogênio entre A & T e três entre C & G). Essas relações são frequentemente chamadas de regras de pareamento de bases de **Watson-Crick**, devido ao nome dos dois cientistas que descobriram sua base estrutural.



**Figura 8:** União das fitas de polinucleotídeos através das pontes de hidrogênio e com pareamento de bases nitrogenadas.

Não se esqueça de aplicar uma torção de mão-direita no modelo construído, ou seja, deve-se girá-lo no sentido anti-horário quando observado pelo seu eixo longitudinal. (**Figura 9**)

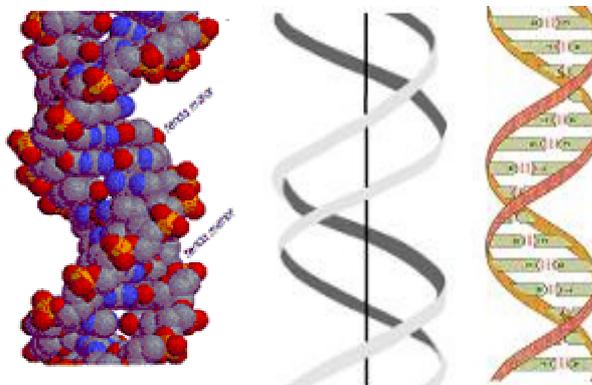


**Figura 9:** Giro helicoidal aplicado a dupla hélice do modelo de DNA.

**Responda novamente as questões prévias e compare os resultados da sua resposta.**

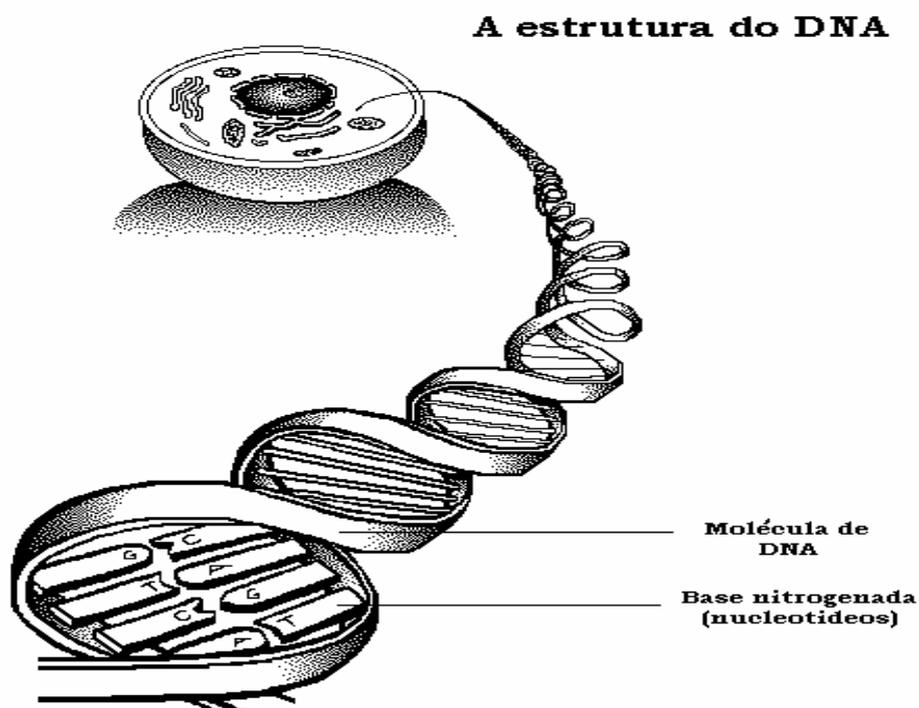
**Concluído o modelo da molécula de DNA veja algumas ilustrações:**

Modelo da fita dupla de DNA proposto por Watson e Crick (**Figura 10**)



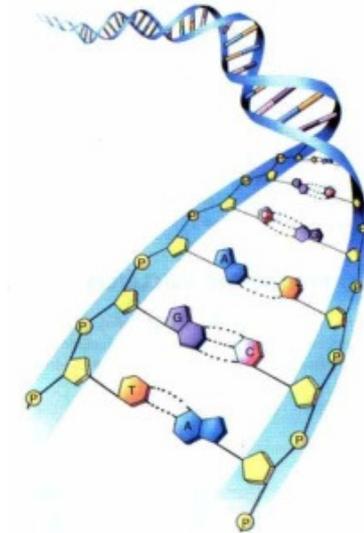
**Figura 10:** O modelo de Watson e Crick consiste de duas cadeias helicoidais de DNA. (DNA – Estrutura e Replicação, 2003)

O DNA localizado no núcleo da célula (**Figura 11**):



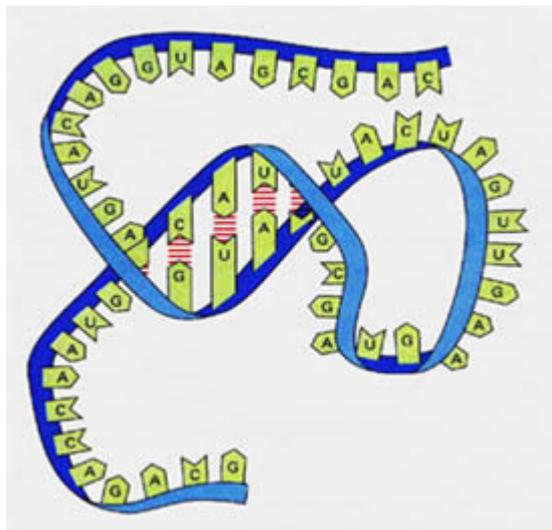
**Figura 11:** localização do DNA na célula. (COELHO. Teste de Paternidade)

Existe uma grande variação na seqüência do DNA de pessoa para pessoa, fazendo com que seja praticamente impossível encontrar duas pessoas com a mesma seqüência, com exceção de gêmeos idênticos (**Figura 12**).



**Figura 12:** seqüências de bases diferentes da molécula do DNA (Infoescola-DNA)

### Conhecendo a molécula de RNA (figura 13)

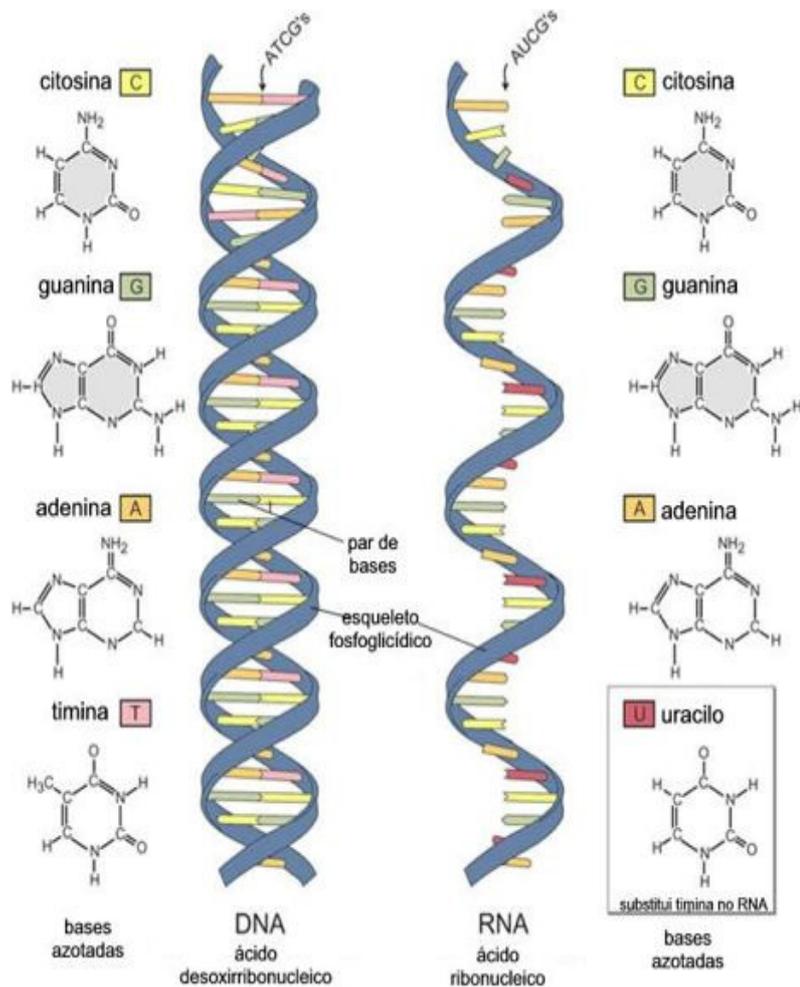


**Figura 13:** O filamento simples da molécula de RNA. (DNA structure)

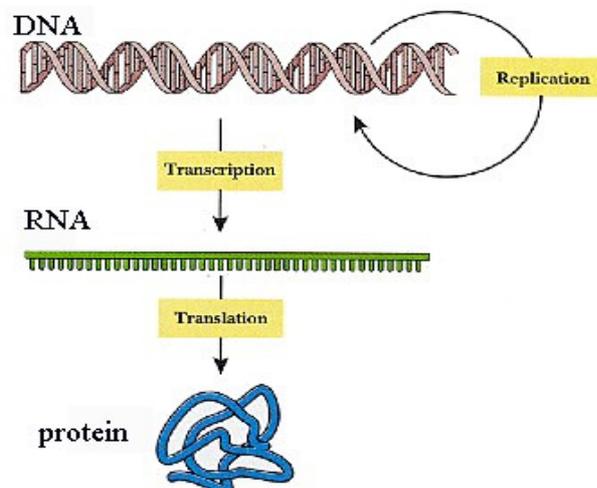
O RNA é formado por nucleotídeos compostos de açúcar, fosfato e uma das quatro diferentes bases orgânicas. Entretanto existem 3 diferenças básicas entre o DNA e RNA:

- No lugar do açúcar desoxirribose, o RNA contém o açúcar ribose (daí o nome ácido ribonucléico);
- O RNA é formado geralmente por apenas uma fita de esqueleto açúcar-fosfato e bases (não possui estrutura dupla-hélice como as bases pareadas), embora seja capaz de parear com outras fitas simples de DNA ou RNA.
- No lugar da base timina, o RNA contém a base uracila.

Diferenças entre DNA e RNA (**Figura 14**) e a relação entre o RNA e o DNA (**Figura 15**).



**Figura 14:** Estrutura comparativa do DNA e RNA. (Simbiótica.org)



**Figura 15:** Relação entre o RNA e o DNA. (UTMB. 2002)

### Questões adaptadas do ENEM

João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética, etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir.

---

I

ATCCGGATGCTT  
TAGGCCTACGAA

---

II

ATCCGGATGCTT  
↓  
UAGGCCUACGAA

---

III

UAGGCCUACGAA

↓

Metionina Alanina Leucina Glutamato

---

IV

**Bases nitrogenadas: A = Adenina**

**T = Timina**

**C = Citosina**

**G = Guanina**

**U = Uracila**

---

1) Analisando-se o DNA de um animal, detectou-se que 40% de suas bases nitrogenadas eram constituídas por Adenina. Relacionando esse valor com o emparelhamento específico das bases, os valores encontrados para as outras bases nitrogenadas foram:

(A) T = 40%; C = 20%; G = 40%

(B) T = 10%; C = 10%; G = 40%

(C) T = 10%; C = 40%; G = 10%

(D) T = 40%; C = 10%; G = 10%

(E) T = 40%; C = 60%; G = 60%

2) Em I está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que:

(A) a molécula de DNA é formada por 2 cadeias caracterizadas por seqüências de bases nitrogenadas.

(B) na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.

(C) a quantidade de A presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de A da cadeia complementar.

(D) na molécula de DNA, podem existir 5 diferentes tipos de bases nitrogenadas.

(E) no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.

3) A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

<b>Exemplos de materiais analisados</b>	<b>Adenina</b>	<b>guanina</b>	<b>citossina</b>	<b>timina</b>
Espermatozóide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozóide de ouriço -do -mar	32,8%	17,4%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	27,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

**A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam:**

- (A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
- (B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
- (C) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
- (D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
- (E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. et al. *Biologia Molecular da Célula*. 4.ed..Porto Alegre: Artmed, reimpressão 2007.

AS BASES nitrogenadas: Diagrama estrutural das quatro bases nitrogenadas. Disponível em: <[http://biomarista.vilabol.uol.com.br/bases\\_nitrogenadas.htm](http://biomarista.vilabol.uol.com.br/bases_nitrogenadas.htm)>. Acesso em: 10 maio 2009.

CBME-Centro de biotecnologia Molecular Estrutural: Disponível em: <<http://cbme.if.sc.usp.br/> > Acesso em: 10 maio 2009.

COELHO, L.M. Teste de Paternidade; Determinação pelo DNA. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP017](http://www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP017)>.htm Acesso em: 10 maio 2009.

DNA. Animações. Disponível em: <<http://www.molecularstation.com/es/dna/dna-structure/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

DNA. Atividades práticas. Disponível em: <<http://www.odnavaiaescola.com/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

DNA – Estrutura e Replicação. 2003. Disponível em: <[www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2003/genetica/DNA.html](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2003/genetica/DNA.html)>. Acesso em: 10 maio 2009.

DNA structure. RNAs structures . Disponível em: <<http://www.uic.edu/classes/phys/phys461/phys450/ANJUM04/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

ENEM. Questões. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/brasil/interna/0,,OI1087372-EI994,00.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

EXPERIMENTOTECA do Ensino Médio. *Biologia-DNA - Estrutura*. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/biologia/0\\_sumario\\_rotatorios\\_biologia.html](http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/biologia/0_sumario_rotatorios_biologia.html)>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARAH, S.B. *DNA. Segredos & Mistérios*. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007.

INFOESCOLA. DNA. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/dna/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

KREUZER, H, MASSEY A. *Engenharia Genética e Biotecnologia*, 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SILVA JÚNIOR, C. SASSON, S. C. *Biologia: volume único*. 4. ed. São Paulo; Saraiva 2007.

SIMBIÓTICA.org. DNA. Disponível em: <<http://www.simbiotica.org/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

UTMB.University of Texas Medical Branch. *Role of the Ribosome*. 2002. Disponível em: <[cellbio.utmb.edu/CELLBIO/ribosome.htm](http://cellbio.utmb.edu/CELLBIO/ribosome.htm)>. Acesso em: 10 maio 2009.

### **APÊNDICE C - Tema 3: Extração de DNA**

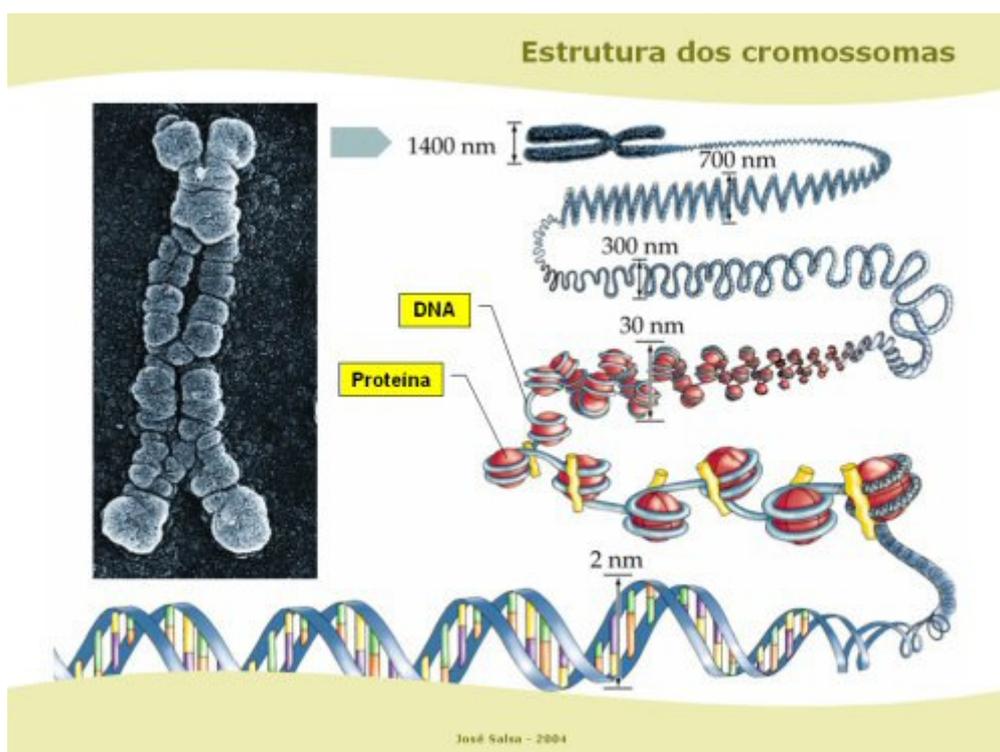
**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

### Tema 3: Extração de DNA

## EXTRAÇÃO DO DNA

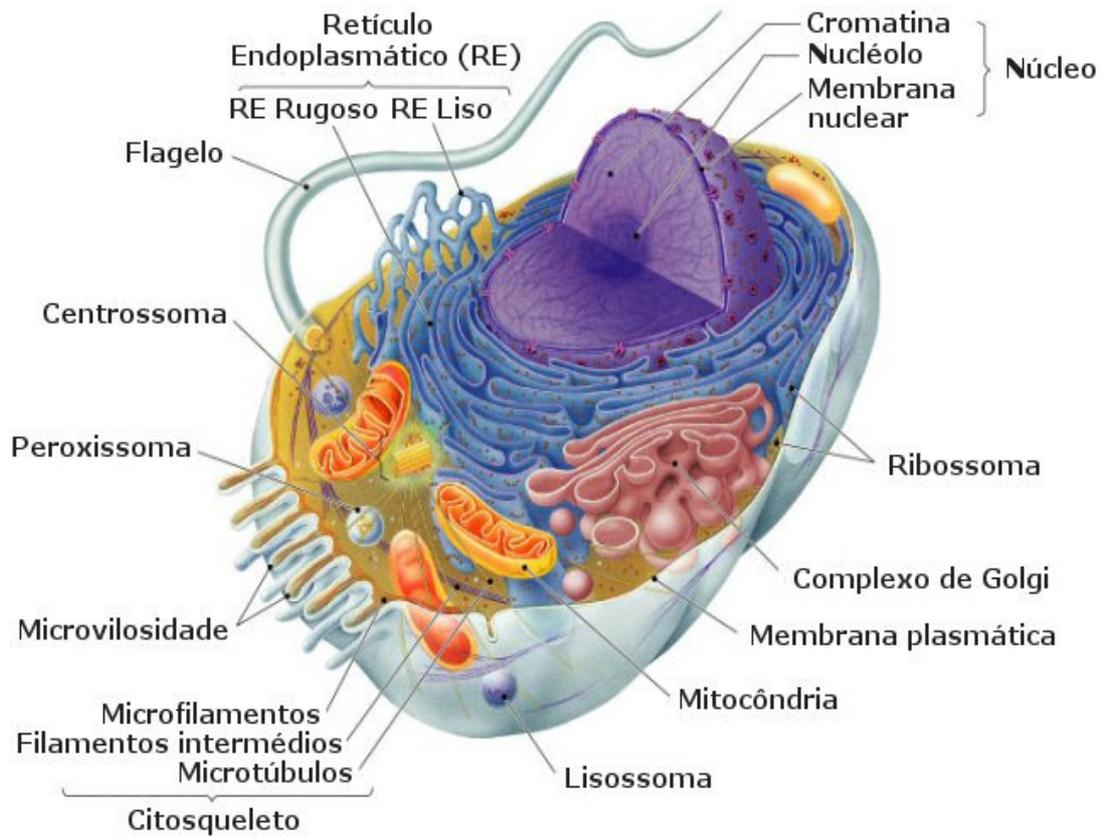
Como você viu o DNA é o responsável pelo armazenamento e transmissão da informação genética responsável pela produção das variadas proteínas de um ser vivo. Esta informação é copiada ou transcrita nas moléculas de RNA, cujas seqüências contêm o código para a ordenação específica de aminoácidos de uma cadeia polipeptídica que formarão as proteínas.

Uma molécula de DNA é constituída por duas cadeias que se organizam numa dupla hélice e cada cadeia simples de DNA é formada por uma molécula do açúcar desoxirribose, uma base que pode ser uma adenina, guanina, citosina ou timina e um grupo fosfato. Existem apenas esses quatro tipos de bases no DNA sendo que a adenina e guanina pertencem ao grupo das purinas, enquanto a timina e citosina são do grupo das pirimidinas. A molécula do DNA é muito longa e encontra-se empacotada com proteínas, podendo ser facilmente visualizados ao microscópio nas células em divisão. (**Figura 1**).



**Figura 1:** Nível de organização do material genético, partindo da molécula de DNA e chegando ao cromossomo condensado. (O Ciclo celular e as suas fases.2008).

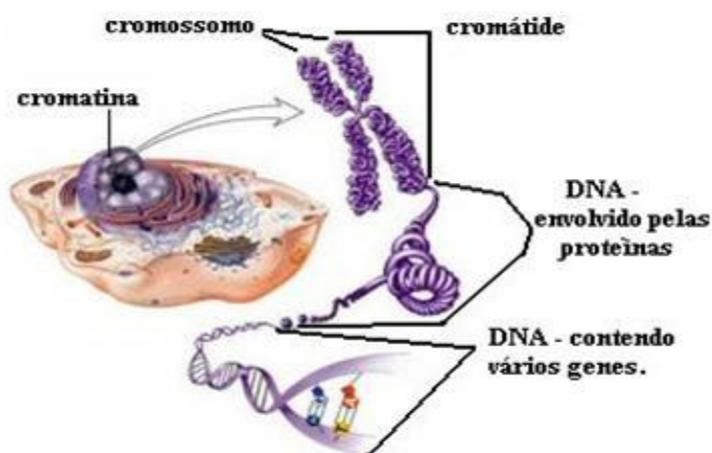
Devemos lembrar que existe apenas 2 tipos básicos de células ;as procariontes,que não possuem membranas separando os cromossomos do citoplasma e as células eucariontes com um núcleo bem individualizado e delimitado pelo envoltório nuclear.(**Figura 2**).



**Figura 2:** A estrutura celular eucariote (SALSA. 2004)

## A CROMATINA

A cromatina é constituída por ácido desoxirribonucléico (DNA) associado a proteínas (**Figura 3**).



**Figura 3:** A cromatina (VERDOLI. Organização celular).

## EXTRAÇÃO DO DNA DA BANANA

### Introdução:

Essa atividade primeiramente leva-nos a pensar na localização do DNA dentro da célula, considerando a escala de tamanho dessa molécula e a impossibilidade de enxergá-la, mesmo com a utilização dos microscópios mais potentes.

Para a análise do DNA de células variadas, a primeira etapa é o seu isolamento. O procedimento a seguir é utilizado para extrair grandes quantidades de DNA a partir de diferentes alimentos.

A extração do DNA dessas diferentes células consta de três etapas:

- 1)ruptura física e química das membranas celulares para liberação do material genético;
- 2)desmembramento dos cromossomos em seus componentes estruturais: DNA e proteínas;
- 3)separação do DNA dos demais componentes.

### Fundamentos Teóricos:

Como vimos, a cromatina é formada por moléculas de DNA (polímeros de desoxiribonucleotídeos fosfatados) associadas à proteínas, localizada no núcleo das células. Para a extração de DNA, é necessário que ocorra a lise das membranas plasmáticas e nucleares, remoção das proteínas e isolamento do DNA purificado.

Em geral, as proteínas transmembrana só podem ser solubilizadas por agentes que rompa associações hidrofóbicas e destruam a bicamada lipídica. Entre esses, os mais úteis para o bioquímico que estuda membranas são detergentes, os quais são moléculas anfipáticas que tendem a formar micelas em água. Quando misturados com membranas, as extremidades hidrofóbicas dos detergentes ligam-se às regiões hidrofóbicas das proteínas das membranas, deslocando as moléculas lipídicas. Como a outra extremidade da molécula de detergente é polar, essa ligação tende a solubilizar as proteínas da membrana como complexos de detergentes-proteína. Com detergentes iônicos fortes, mesmo as proteínas de membrana mais hidrofóbicas podem ser solubilizadas.

A molécula de DNA não é solúvel em álcool e desta maneira tende a formar um aglomerado de moléculas quando em meio alcoólico.

Colocamos o etanol. O DNA não é solúvel em etanol (álcool etílico)?

Quando as moléculas são solúveis em um dado solvente, elas se dispersam neste solvente e não são, portanto, visíveis. Por outro lado, quando as moléculas são insolúveis em um dado solvente, elas se agrupam, tornando-se visíveis. Quanto mais gelado estiver o álcool, menos solúvel o ADN vai estar. Por isso é tão importante que o etanol seja mantido no freezer ou em um banho de gelo até a hora do experimento.

### Vamos agora à experiência!

#### Objetivos:

- Realizar na própria sala de aula, um experimento prático de extração de DNA.
- Conhecer os princípios básicos da extração de material genético (DNA) utilizando alimentos variados;
- Isolar o DNA
- Visualizar de forma macroscópica o aspecto do material genético.
- Verificar que a quantidade de DNA obtida é variável;

### **Material** (KIT – Extração de DNA:)

- 1 banana outro alimento (tomate, morango, kiwi, cebola, batatinha);
- 2 copos
- Água quente (60°C) de preferência mineral.
- Sal de cozinha
- Detergente para louça
- Álcool etílico de preferência a 95% gelado (-10°C)
- Bastão fino de vidro ou palito japonês
- Filtro de papel, peneira ou 1 filtro com gaze/algodão e gelo.

### **Procedimento**

Corte e amasse a banana. Coloque 4 colheres (sopa) de detergente e 1 (chá) de sal em meio copo de água mineral. Mexa até a total dissolução, depois adicione a banana e leve em banho-maria por cerca de 15 minutos. Retire a mistura do banho-maria e resfrie-a rapidamente, colocando o copo no gelo durante cerca de 5 minutos. Coe a mistura, adicione ao filtrado cerca de meio copo de álcool gelado, deixando-o escorrer vagarosamente pela borda. Observe o que ocorre até aqui e anote.

Em seguida, com o bastão de vidro ou palitos, faça movimentos circulares misturando as fases. Observe o resultado final.

### **Avaliação**

Qual é a função do sal?

O que o processo de maceração faz?

O que acontece quando se adiciona o detergente?

Qual é o papel do álcool etílico?

Por que você não pode ver a dupla hélice do DNA?

Os diferentes tipos de alimentos têm a mesma quantidade de DNA? Comente: Qual é o papel da alteração da temperatura realizada em alguns dos experimentos

### **CURIOSIDADES**



Pesquisadores brasileiros apresentaram os resultados da primeira etapa do programa Genoma da Banana. Eles identificaram mais de 20 genes que ajudarão no desenvolvimento de variedades mais resistentes a doenças como a Sigatoka Negra, que dizima plantações no mundo inteiro. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, com 6,6 milhões de toneladas colhidas no ano passado. Depois de ter a morte anunciada em 2003, a fruta ganhou sobrevida.

(ABREU, C. Yes, O Brasil Tem O Genoma da Banana. 2005).

## REFERÊNCIAS

ABREU, C. Yes, O Brasil Tem O Genoma da Banana. Fala, Brasil! 2005. Disponível em: <<http://www.brazil-brasil.com/content/view/517/105/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

CELL MEMBRANES. The Biology project. University of Arizona. 2002. Disponível em: <[http://www.biology.arizona.edu/cell\\_bio/cell\\_bio.html](http://www.biology.arizona.edu/cell_bio/cell_bio.html)>. Acesso em: 10 maio 2009.

EXTRAÇÃO de DNA. Bionet. UFMT. Universidade Federal do Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/bionet/dicas/01.04.05/dnabanana.htm>>. Acesso em: 10 maio 2009.

EXTRAINDO o DNA do morango. O DNA vai à escola. Atividades práticas. Disponível em: <<http://www.dnagoestoschool.org/atividades.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARAH, S.B. DNA. Segredos & Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007.

JOGOS e experiências: DNA de Morango. FIOCRUZ. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=3&infoid=115>>. Acesso em: 10 MAIO 2009.

JUNQUEIRA, L.C. CARNEIRO, J. Biologia celular e molecular. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

O CICLO celular e as suas fases. 2008. Disponível em: <[http://maisbiogeologia.blogspot.com/2008\\_10\\_01\\_archive.html](http://maisbiogeologia.blogspot.com/2008_10_01_archive.html)>. Acesso em: 10 maio 2009.

SALSA, J. Célula eucariótica, 2004. Disponível em: <[http://www.cientic.com/tema\\_celula.html](http://www.cientic.com/tema_celula.html)>. Acesso em: 10 maio 2009.

SILVA JÚNIOR, C. SASSON, S. C. Biologia: volume único. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

VERDOLI, C.P. Organização celular. Módulo didático de Biologia nº 19. Centro de referência virtual do professor. Disponível em: <[crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.asp?...](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.asp?...)>. Acesso em: 10 maio 2009.

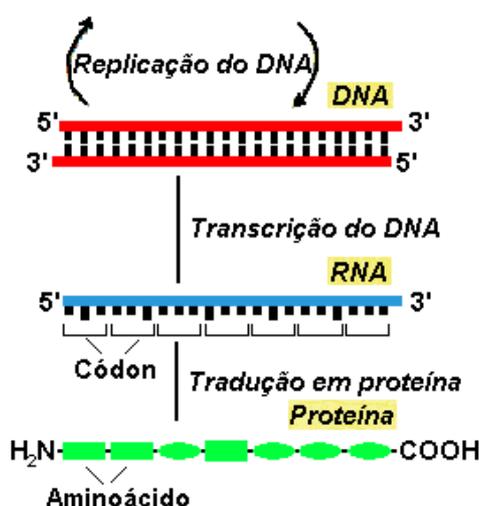
**APÊNDICE D - Tema 4: Síntese de Proteínas.**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

**Tema 4: Síntese de Proteínas.**

**SÍNTESE DE PROTEÍNAS: Transcrição e Tradução**

A produção de uma proteína a partir de um gene envolve dois processos: transcrição e tradução (**Figura 1**).



**Figura 1:** Processo de transcrição e tradução do RNA (Mecanismo da síntese de proteínas. 2008).

O gene não é um molde direto para a síntese de proteínas, quem exerce essa função são as moléculas de RNA.

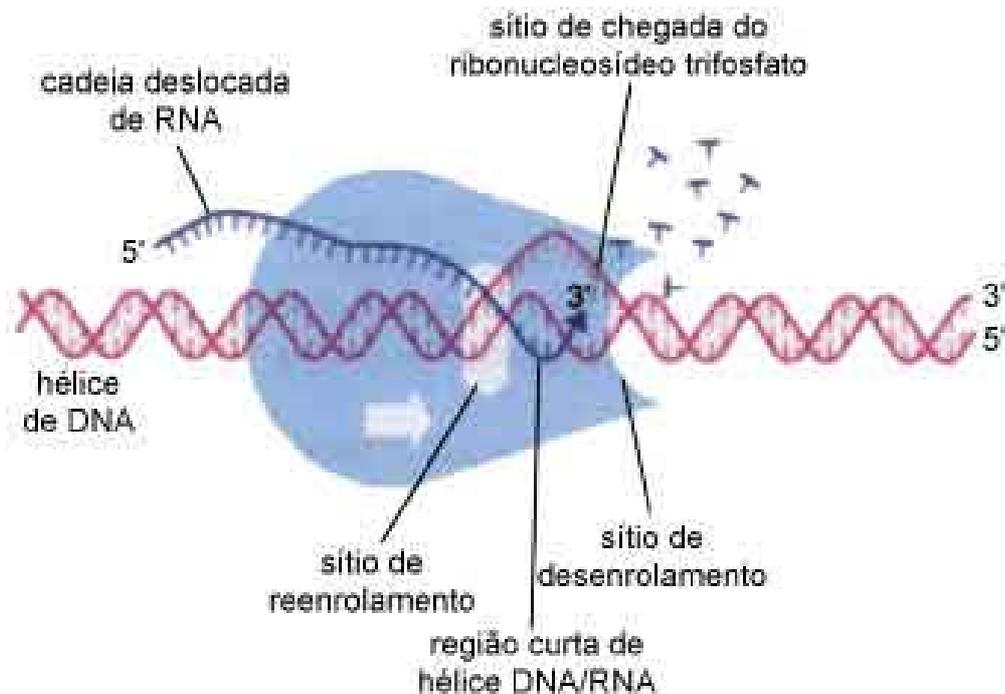
Na Transcrição ocorre a transferência da mensagem genética do DNA para o RNA. O RNA (ácido ribonucléico) é formado por apenas um filamento de nucleotídeos, no qual a pentose é sempre ribose e a timina não aparece, tomando seu lugar a base uracila (U). Há três tipos de RNA sintetizados por setores específicos do DNA: o mensageiro (RNAm); o transportador (RNAt) e o ribossomal (RNAr)

**Existem três tipos de RNAs:**

- 1). RNAm: leva a mensagem do DNA do núcleo ao citoplasma;
- 2). RNAt: transporta aminoácidos;
- 3). RNAr: participa da constituição dos ribossomos, responsáveis pela interpretação do RNAm e formação final das proteínas.

Todas as formas de RNA são sintetizadas por enzimas denominadas de RNA polimerases (**Figura 2**) que obtêm informações em moldes de DNA. O transcrito é a versão do DNA sob a forma de uma molécula de RNA mensageiro. Essa pode ser considerada a versão final da informação, a receita para a produção de proteínas.

Desenho esquemático da transcrição: RNAPolimerase em azul



**Figura 2:** Desenho esquemático da transcrição: RNAPolimerase em azul (BARROS.2003)

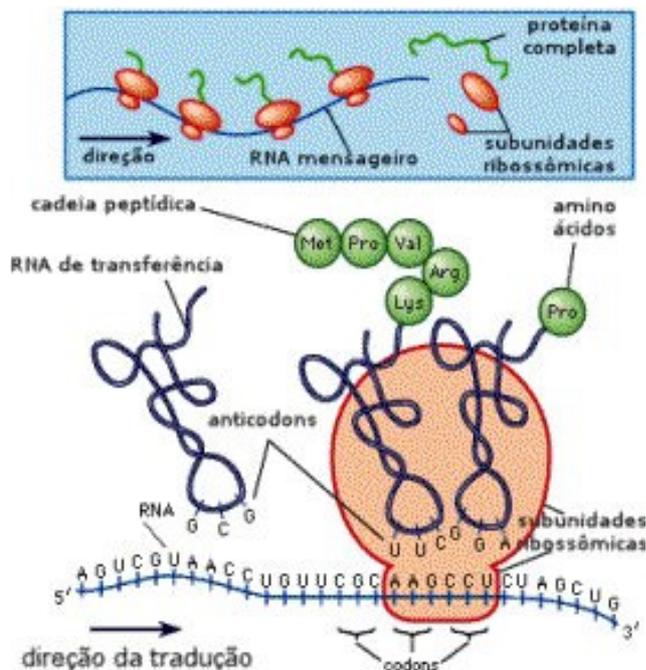
**Tradução:** é a produção da proteína a partir do RNAm.

O RNAr inicialmente armazenado nos nucléolos, passa para o citoplasma e associando-se à proteínas, forma os ribossomos (organelas nas quais a síntese protéica ocorre). O RNAm move-se para o citoplasma e se liga aos ribossomos. Ele é formado por uma seqüência de tríades de nucleotídeos (três nucleotídeos), e cada tríade corresponde a um aminoácido.

As tríades são denominadas codons e a combinação dos diferentes codons determina o tipo, o número e a posição dos aminoácidos na cadeia polipeptídica. O RNAt desloca-se para o citoplasma, onde se liga ao aminoácido do anticódon correspondente, levando-o até o ribossomo. Os RNAt transportam aminoácidos específicos, salvo algumas exceções.

Alguns aminoácidos são codificados por vários códons, por isso o código genético é dito degenerado. Isso permite que algumas mutações não alterem a produção de determinadas proteínas.

O desenho abaixo mostra como ocorre a síntese protéica nos ribossomos. (**Figura 3**).



**Figura 3:** Síntese de proteínas e a participação do RNA (BARROS. 2003).

Como observado, a tradução da seqüência de bases do RNAm para proteína é feita nos ribossomos. Os RNAt, com os respectivos aminoácidos, vão-se encaixando nos codons (nome dado a uma seqüência de três bases do DNA ou RNA que codifica um aminoácido na proteína).

## COMPOSIÇÃO DAS PROTÉINAS

As proteínas estão presentes em todos os seres vivos, inclusive nos vírus que não apresentam estrutura celular.. Estas moléculas especiais realizam as mais variadas funções no nosso organismo, desde o transporte de nutrientes e metabólitos à catálise de reações biológicas. Apesar da complexidade de suas funções, as proteínas são relativamente simples: repetições de 20 unidades básicas, os aminoácidos.

As proteínas são macromoléculas complexas, compostas de aminoácidos, e necessárias para os processos químicos que ocorrem nos organismos vivos. São os constituintes básicos da vida.

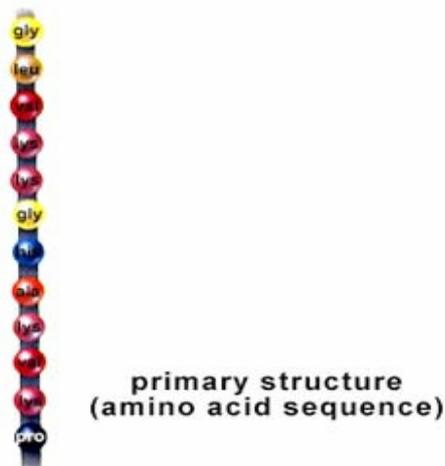
A importância das proteínas, entretanto, está relacionada com suas funções no organismo, e não com sua quantidade. Todas as enzimas conhecidas, por exemplo, são proteínas; muitas vezes, as enzimas existem em porções muito pequenas. Mesmo assim, estas substâncias catalisam todas as reações metabólicas e capacitam aos organismos a construção de outras moléculas - proteínas, ácidos nucléicos, carboidratos e lipídios - que são necessárias para a vida.

Pode-se dizer que as proteínas são polímeros de aminoácidos o que em suas moléculas existem ligações peptídicas em número igual no número de aminoácidos presentes menos um.

## Estrutura tridimensional das proteínas

As proteínas podem ter 4 tipos de estrutura dependendo do seu tipo de aminoácidos que possui, do tamanho da cadeia e da configuração espacial da cadeia polipeptídica. As estruturas são:

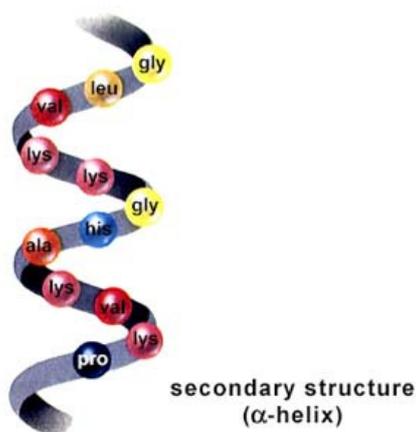
**Estrutura primária:** é a constituição da molécula de proteína quanto à seqüência dos aminoácidos. (Figura 4)



**Figura 4:** Estrutura primária das proteínas. (Proteínas. OEP. 2003)

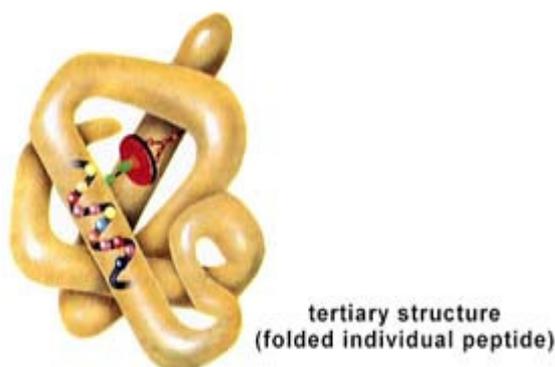
A estrutura primária (figura 1) é dada pela seqüência de aminoácidos ao longo da cadeia polipeptídica. É o nível estrutural mais simples e mais importante, pois dele deriva todo o arranjo espacial da molécula. São específicas para cada proteína, sendo geralmente determinados geneticamente através de uma longa cadeia de aminoácidos semelhante a um "colar de contas". Sua estrutura é somente a seqüência dos aminoácidos, sem se preocupar com a orientação espacial da molécula. A análise de seqüências de aminoácidos tem aplicações clínicas importantes, porque muitas doenças hereditárias são causadas por mutações que causam alterações nessa seqüência.

**Estrutura secundária:** enrolamento da molécula na forma de hélice (Figura 5)



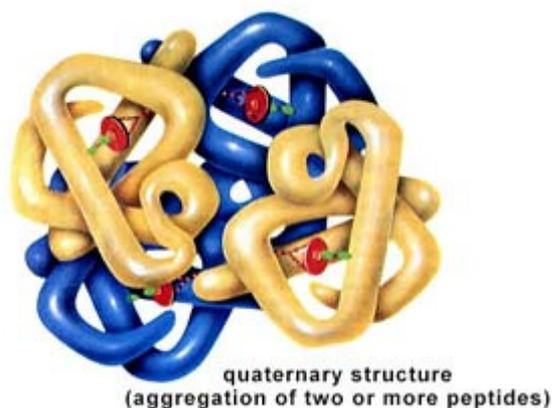
**Figura 5:** Estrutura secundária das proteínas. (Proteínas. OEP.2003)

**Estrutura terciária:** determinada pelo modo como a hélice se dobra. (**Figura 6**)



**Figura 6:** Estrutura terciária das proteínas. (Proteínas.OEP. 2003)

**Estrutura quaternária:** arranjo espacial das subunidades polipeptídicas. (**Figura 7**)

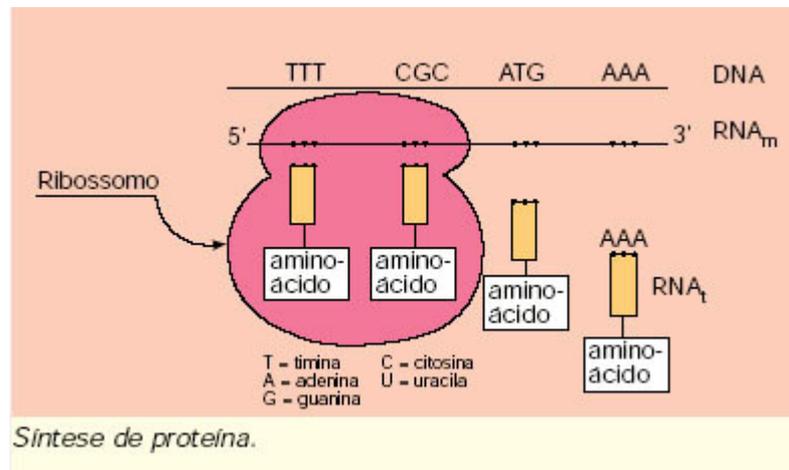
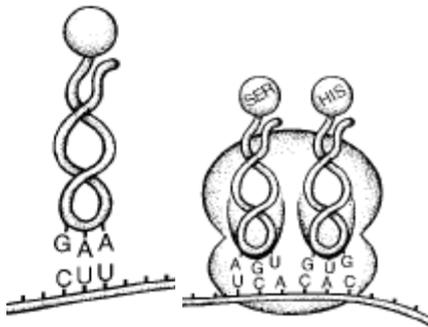


**Figura 7:** Estrutura quaternária das proteínas. (Proteínas. OEP. 2003)

## A SÍNTESE PROTÉICA

A sequência dos amino ácidos em todas as proteínas - fator que é responsável por sua estrutura e função - é determinada geneticamente a partir da sequência dos nucleotídeos no DNA celular. Quando uma proteína em particular é necessária, o código do DNA para esta proteína é transcrito em uma sequência complementar de nucleotídeos ao longo de um segmento de RNA - chamado de RNA mensageiro. Este segmento de RNA serve como uma forma para a síntese da proteína subsequente: cada grupo de 3 nucleotídeos especifica um determinado aminoácido (**Figura 8**); estes aminoácidos são ligados na sequência codificada pelo RNA.

No final do processo, obtém-se a proteína completa, cuja sequência de aminoácidos foi ditada pelo RNA mensageiro. Desta maneira, o organismo é capaz de sintetizar as várias proteínas com as funções mais diversas de que precisa.



**Figura 8:** Síntese de proteína e o código genético. (Objetivo / Roteiros para Estudo/Troca de genes entre espécies)

## EXERCÍCIOS

1) Escreva a sequência de bases da fita complementar do DNA dupla fita que apresenta uma fita com a sequência:

**(5') ATGCGGTATGCATAGCATTG (3')**



### 3) Qual a sequência de aminoácidos dessa proteína?

Met					
-----	--	--	--	--	--

Lembre-se que o RNAm é exportado do núcleo celular com os códons correspondente a três bases e que irão determinar a sequência dos aminoácidos das proteínas através do encaixe dos anticodons nos RNAt transportador (RNAt).

**O CÓDIGO GENÉTICO:** Código pelo qual a informação genética, contida na sequência de nucleotídeos do DNA, relaciona-se com a sequência de aminoácidos da proteína; cada três bases do DNA (códon ou tríplex) especificam um dos 20 aminoácidos na proteína. (**Figura 9**)

		Segunda letra				
		U	C	A	G	
Primera letra (extremo 5')	U	UUU ] phe UUC ] UUA ] leu UUG ]	UCU ] ser UCC ] UCA ] UCG ]	UAU ] tyr UAC ] UAA detención UAG detención	UGU ] cys UGC ] UGA detención UGG detención	U C A G
	C	CUU ] leu CUC ] CUA ] CUG ]	CCU ] pro CCC ] CCA ] CCG ]	CAU ] his CAC ] CAA ] gln CAG ]	CGU ] arg CGC ] CGA ] CGG ]	U C A G
	A	AUU ] ile AUC ] AUA ] AUG met	ACU ] thr ACC ] ACA ] ACG ]	AAU ] asn AAC ] AAA ] lys AAG ]	AGU ] ser AGC ] AGA ] arg AGG ]	U C A G
	G	GUU ] val GUC ] GUA ] GUG ]	GCU ] ala GCC ] GCA ] GCG ]	GAU ] asp GAC ] GAA ] glu GAG ]	GGU ] gly GGC ] GGA ] GGG ]	U C A G
						Tercera letra (extremo 3')

**Figura 9:** O código do DNA ou Código genético ( EL DNA, el Código Genético y su traducción .Capítulo 14).

Cada trinca de nucleotídeos (ou códons) refere-se à sequência de nucleotídeos do RNAm e carrega a informação para que o respectivo aminoácido possa ser adicionado à proteína em formação.

**Tabela de aminoácidos e respectiva letra de código:**

Nome	Código	Código 3 letras
Ácido aspártico	D	Asp
Ácido glutâmico	E	Glu
Alanina	A	Ala
Arginina	R	Arg
Asparagina	N	Asn
Cisteína	C	Cys
Fenilalanina	F	Phe
Glicina	G	Gly
Glutamina	Q	Gln
Histidina	H	His
Isoleucina	I	Ile
Leucina	L	Leu
Lisina	K	Lys
Metionina	M	Met
Prolina	P	Pro
Serina	S	Ser
Tirosina	Y	Tyr
Treonina	T	Thr
Triptofano	W	Trp
Valina	V	Val

(Código genético - Instituto Gulbenkian de Ciência 2007)

## MUTAÇÕES GÊNICAS

Uma mutação é definida como qualquer alteração permanente do DNA. Pode ocorrer em qualquer célula, tanto em células da linhagem germinativa como em células somáticas. As mutações envolvem Mutações Cromossômicas (quebra ou rearranjo dos cromossomos) e Mutações Gênicas.

### Substituição de Nucleotídeos

A substituição de um único nucleotídeo (ou mutação de ponto) numa sequência de DNA pode alterar o código de uma trinca de bases e levar à substituição de uma trinca de bases por outra.

## AS MUTAÇÕES E A VARIBILIDADE GENÉTICA

Ocasionalmente ocorrem alterações no material gênico. Tais alterações, chamadas mutações, podem ser causadas por radiações, substâncias químicas, fatores biológicos (vírus) ou erros no emparelhamento das bases não corrigidos pelas enzimas de duplicação do DNA.

As mutações modificam a seqüência de bases nitrogenadas, modificando, portanto, as proteínas fabricadas e, conseqüentemente, as características do organismo. Embora a maioria das mutações seja prejudicial, pois altera ao acaso um sistema vivo, que é altamente organizado, algumas podem "melhorar" ligeiramente uma característica do organismo. Por isso, as mutações, juntamente com a seleção natural (conjunto de fatores ambientais que atuam sobre um determinado grupo de indivíduos de uma dada região, interagindo de forma a levá-los a uma sobrevivência adaptativa – manutenção da espécie – ou a extinção), são fatores importantes para a evolução das espécies.

### EXERCÍCIOS

1) Comparar duas seqüências de DNA, uma extraída do gene “*VIT*” de rato e outra do mesmo gene de humano.

**ATENÇÃO:** o gene “*VIT*” não existe, ele foi inventado para esta atividade!

#### PROCEDIMENTOS:

Faça a transcrição e a tradução das seqüências de bases de DNA abaixo. Para montar a cadeia de aminoácidos (AA), divida a seqüência em trincas de bases (códon) e consulte a tabela de código genético.

Observe que os códon de RNAm UAA, UAG e UGA fazem a síntese protéica parar – se eles aparecerem, interrompa a seqüência de aminoácidos.

a). Fragmento do gene *VIT* de rato:

DNA: TACCCCGTAGAGGTGCGCTCACCCGAGGCGATGACTTGCTGCTGAGCCCC RNAm:

---

AA:

---

b). Repita o procedimento acima, agora para a seqüência do gene *VIT* de ser humano.

DNA: TACCTGGTAGGGGTACGCTCACCCGAGGGATGACTTG CTGCTGAGCCCC  
RNAm:

---

AA:

---

c). As proteínas codificadas pelo gene *VIT* de ratos e seres humanos são iguais? Você acha que as duas proteínas podem exercer a mesma função? Por quê?

---



---



---



---

d). Para compreendermos melhor as diferenças entre as seqüências correspondentes do gene *VIT* de rato e de ser humano, os dois fragmentos de DNA estão alinhados no espaço abaixo. Na seqüência do gene *VIT* de humanos

Assinale as bases que diferem da seqüência do gene de ratos e conte o número de diferenças.

Rato: TACCCCGTAGAGGTGCGCTTCACCCGAGGCGATGACTTGCTGCTGAGCCCC

Humano:

TACCTGGTAGGG GTACGCTTCACCCGAGG – GATGACTTGCTGCTGAGCCCC

Nº de diferenças: \_\_\_\_\_

e). Compare o número de diferenças entre as cadeias de aminoácidos produzidas por ratos e seres humanos com o número de diferenças entre as seqüências de nucleotídeos do DNA.

Diferenças na cadeia de aminoácidos: \_\_\_\_\_

Diferenças na seqüência de nucleotídeos: \_\_\_\_\_

f). Você deve ter percebido que ocorreram dois tipos diferentes de mutação no gene *VIT* humano em relação ao gene de rato: substituições de nucleotídeos e perda de uma base do DNA.

De que forma esses dois tipos de mutação que você observou no exercício acima alteraram a seqüência de aminoácidos da proteína humana?

## REFERÊNCIAS

BARROS, D.F. Projeto Genoma Humano e a síntese protéica. 2003. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/bio240/PROGETO%20GENOMA%20HUMA...](http://www.ufv.br/dbg/bio240/PROGETO%20GENOMA%20HUMA...)>. Acesso em: 10 maio 2009.

CAN a Single Nucleotide Change Affect the Protein? That is made? High School-Human Genome Program Exercises. Disponível em: <[hshgp.genome.washington.edu/.../modules-view.htm](http://hshgp.genome.washington.edu/.../modules-view.htm)>. Acesso em: 10 maio 2009.

CÓDIGO GENÉTICO -Pesquisa 3 - Instituto Gulbenkian de Ciência 2007. Disponível em: <[bioinformatica-na-escola.org/.../cgenetico.htm](http://bioinformatica-na-escola.org/.../cgenetico.htm)>. Acesso em: 01 abr. 2009.

EL DNA, el Código Genético y su traducción .Capítulo 14.EL cuarto Blanco-Biblioteca web. Disponível em: <[iescarin.educa.aragon.es/depart/biogeo/varios](http://iescarin.educa.aragon.es/depart/biogeo/varios)>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARAH, S.B. DNA. Segredos e Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007.

MECANISMO da síntese de proteínas. 2008. Disponível em: <[http://estudante-de-biogeo-11.blogspot.com/2008\\_10\\_01\\_archive.html](http://estudante-de-biogeo-11.blogspot.com/2008_10_01_archive.html)>. Acesso em: 10/05/09.

Objetivo/ Roteiros para Estudo/Troca de genes entre espécies. Disponível em: <[www.objetivo.br/portal/frm\\_conteudo.aspx?codC...](http://www.objetivo.br/portal/frm_conteudo.aspx?codC...)>. Acesso em: 10 maio 2009.

PROTEÍNAS-Organização estrutural das proteínas. 2003. Disponível em: <[www.enq.ufsc.br/.../const\\_microorg/proteinas.htm](http://www.enq.ufsc.br/.../const_microorg/proteinas.htm)>. Acesso em: 10 maio 2009.

SILVA JÚNIOR, C. SASSON, S. C. Biologia: volume único. 4. ed. São Paulo; Saraiva 2007.

VOET, D. ;VOET, J.G. Bioquímica. 3. ed. PortoAlegre: Artmed, 2006.

**APÊNDICE E - Tema 5: Cromossomo e divisão celular**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

**Tema 5: Cromossomo e divisão celular**

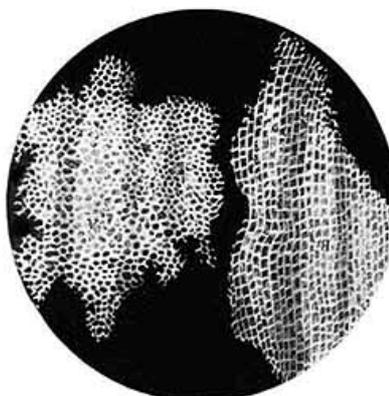
**Cromossomo e divisão celular**

**Um pouco da história da célula**

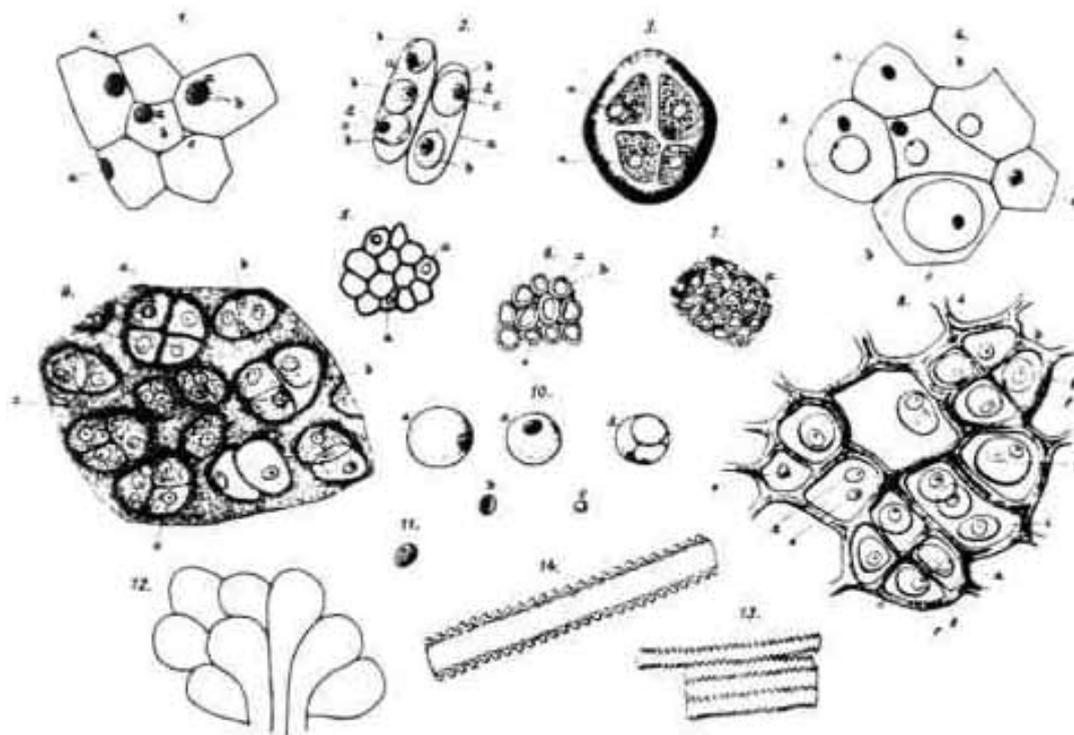
A célula é a menor unidade estrutural básica do ser vivo e foi observado pela primeira vez pelo cientista inglês Robert Hooke em 1665 (**Figura n°1**) que estudou as células de cortiça (tecido vegetal morto) ao microscópio (**Figura n°2**). Em 1838 o botânico Matheus Schleiden e o zoólogo Theodor Schwann, baseados em estudos microscópicos de células vegetais mais complexas propuseram a Teoria Celular, segundo a qual todos os seres vivos são formados por células (**Figura 3**).



**Figura 1:** Microscópio utilizado por Hooke (Hist. cienc. saude-Manguinhos, Vol 5, nº 2, 1988)



**Figura 2:** Desenho de um corte de cortiça, observado por Hooke (Hist. cienc. saude-Manguinhos, Vol 5, nº 2, 1989)



**Figura 3:** Desenhos do *Microscopical investigations*, de Schwann séc XIX. (Hist. cienc. saúde-Manguinhos, Vol 5, nº 2, 1988)

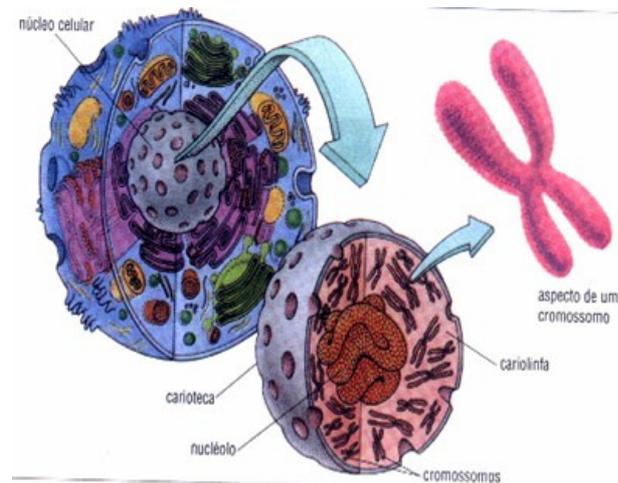
Em 1855, o médico russo Rudolf Virchow complementou a teoria celular afirmando que toda a célula provém de outra preexistente, ou seja, a continuidade dos seres vivos depende da reprodução das células.

## OS CROMOSSOMOS

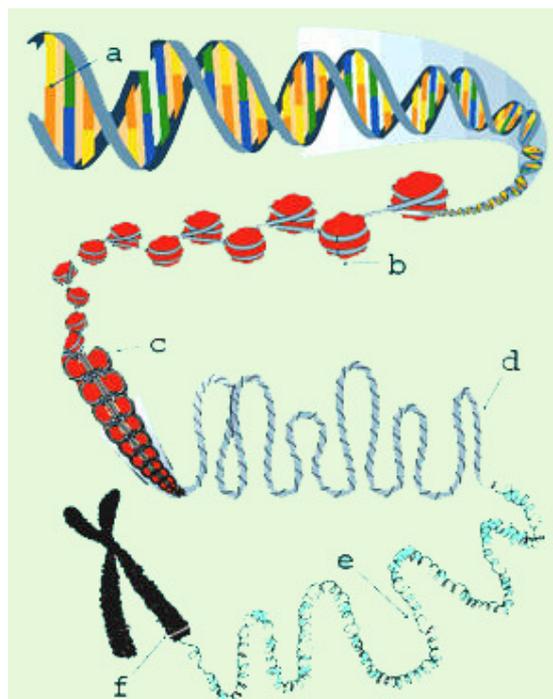
Com o desenvolvimento de novos métodos para o estudo das células descobriu-se que o DNA (ácidos nucleicos) é o responsável pela divisão celular.

O DNA de uma célula humana tem um comprimento linear total de quase 2 metros, ou seja, é um filamento muito comprimido quando comparado ao tamanho celular (o tamanho típico de uma célula animal é de 10  $\mu\text{m}$ ) então, provavelmente, para facilitar a organização desses quase 2 metros de DNA dentro do núcleo de cada célula, ele é supercondensado com proteínas (histonas). O complexo formado pelo DNA condensado e proteína é chamado de nucleossoma e assemelha-se a um colar de contas.

Com a utilização de corantes foi possível visualizar o núcleo celular e os cromossomos (**Figura 4 e 5**):



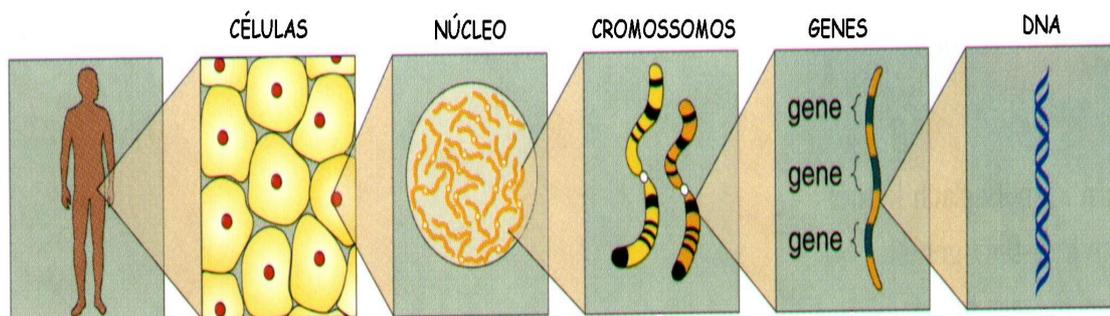
**Figura 4:** Cromossomo nuclear (Biologia - O núcleo celular, 2009)



**Figura 5:** Diferentes diâmetros dos cromossomos em 5 níveis de condensação: (KAVALCO,K.2003):

a)2nm b)11nm c)30nm d)300nm e)700nm f)1400nm

Os cromossomos, então, são filamentos de moléculas de DNA, dobrados vários vezes sobre si mesmo de forma compactada e que contém os genes (unidades que determinam as características de um indivíduo) - **Figura 6.**



**Figura 6:** A célula e os genes. (A Célula-DNA, 2008).

Essa forma compacta facilita o movimento do material genético durante a divisão celular. Como o DNA precisa ser duplicado na divisão celular, cada cromossomo pode aparecer sob a forma de dois filamentos denominados de cromátides, que permanecem unidos por uma região chamada de centrômero.

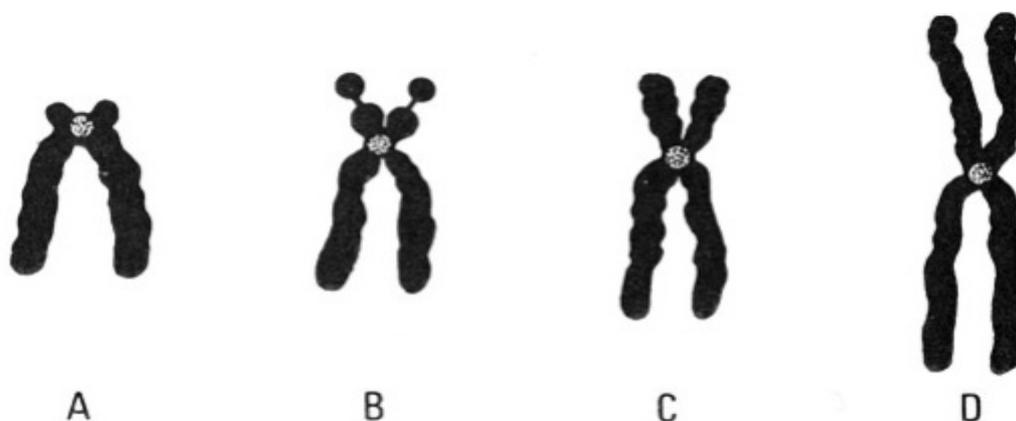
As partes de um cromossomo separadas pelo centrômero são denominadas de braços cromossômicos e de acordo com o tamanho desses braços e a localização do centrômero, os cromossomos foram classificados em quatro tipos (**Figura 7**):

**A)Telocêntrico:**o centrômero está localizado na região terminal do cromossomo. (centrômero terminal).

**B)Acrocêntrico;** O centrômero está bem afastado do centro do cromossomo,próximo a uma das extremidades,resultando em um braço bem maior que o outro.

**C)Submetacêntrico:**O centrômero está um pouco afastado do meio do cromossomo. outro.

**D)Metacêntrico:**O centrômero se localiza no centro do cromossomo,sendo os braços do mesmo tamanho.



**Figura 7:** Classificação dos cromossomos pela posição do centrômero (Cromossomos-Infoescola .2007)

## CROSSOSSOMOS HOMÓLOGOS

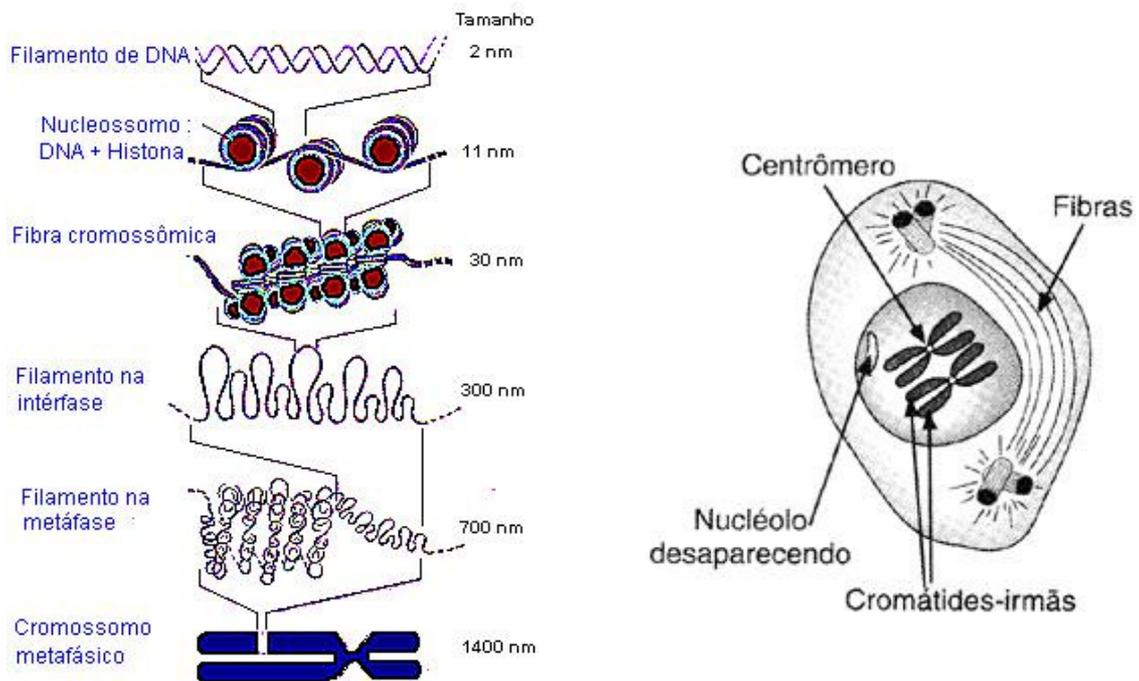
A espécie humana apresenta 46 cromossomos, sendo 44 **autossomos** e 2 **sexuais**. Todos estes cromossomos encontram-se pareados, portanto temos 22 pares de cromossomos autossomos e 1 par de cromossomos sexuais. Os representantes de cada par desses cromossomos são denominados de cromossomos homólogos.

As células que apresentam cromossomos homólogos são chamadas de células diplóides ( $2n$ ), pois eles estão aos pares. Células que contêm apenas 1 dos representantes são chamadas de haplóides ( $n$ ) e são, normalmente, formadas por meiose para a produção de gametas.

## DIVISÃO CELULAR

Vimos que os cromossomos estão envolvidos na divisão celular, **então por que é necessário ocorrer a divisão celular? Como as células se dividem?**

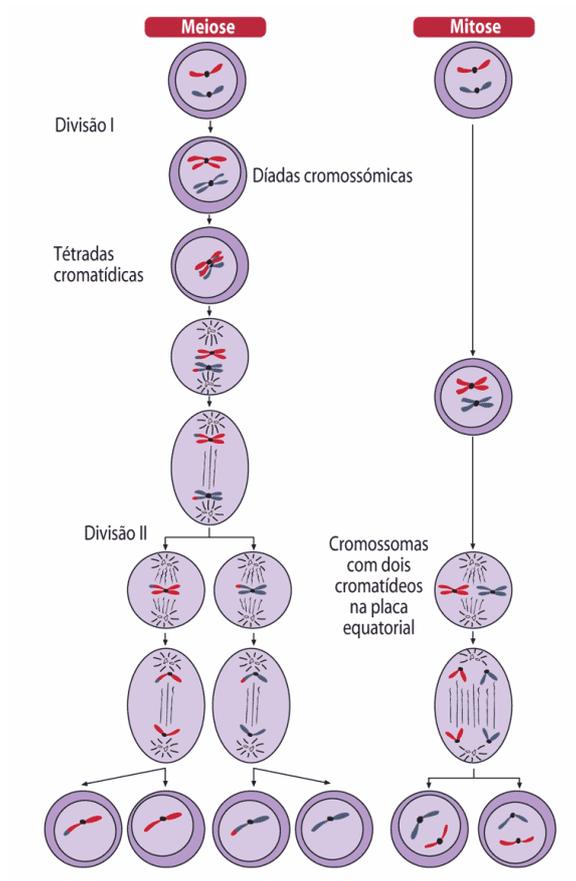
Veja algumas ilustrações (**Figura 8**) relacionadas à divisão celular e responda a questão.



**Figura nº. 8:** Cromossomo em divisão celular (Divisão celular-IPED)

- O cromossomo se modifica durante a divisão celular?
- A quantidade de DNA sofre modificação durante a divisão celular?

## MEIOSE e MITOSE ( Figura 9)



**Figura 9:** Meiose e mitose (Biologia - Geologia. Reprodução Sexuada. 2008).

**Como as células se dividem? Quais as diferenças observadas?**

Observe os quadros abaixo e identifique a divisão por mitose e por meiose:

<b>QUADRO 1</b>	<b>QUADRO 2</b>
Resulta em duas células geneticamente iguais	- Resulta em quatro células geneticamente diferentes
- Não há redução do número de cromossomos	- Há redução do número de cromossomos
- Não há permuta gênica entre cromossomos homólogos	- Normalmente ocorre permuta gênica entre os cromossomos homólogos
- Ocorre em células somáticas	- Ocorre em células germinativas
- A duplicação do DNA antecede apenas uma divisão celular	- A duplicação do DNA antecede duas divisões celulares
- É importante na reprodução assexuada de organismos unicelulares e na regeneração das células somáticas dos multicelulares	- É um processo demorado (podendo, em certos casos, levar anos para se completar)
- Não há redução do número de cromossomos	- Há redução do número de cromossomos

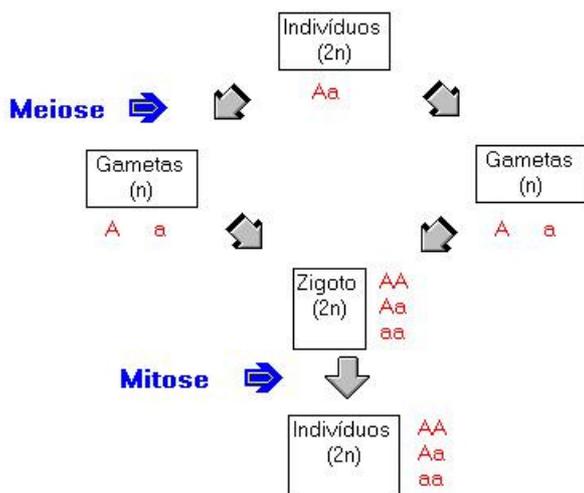
Quadro 1 e 2: Meiose e mitose (Biologia - Geologia. Reprodução Sexuada. 2008).

Quadro 1 → \_\_\_\_\_

Quadro 2 → \_\_\_\_\_

Quais as diferenças entre a mitose e a meiose?

**Para ler:** O processo de origem de novos indivíduos se inicia pela formação de gametas dos genitores e subsequente união entre os mesmos. Da fecundação forma-se a célula ovo, ou zigoto, que reconstitui o número de cromossomo da espécie. Esta célula inicial se desenvolve gerando o indivíduo adulto, formado por mais de um trilhão de células, a partir da célula original, como no caso da espécie humana. Verifica-se, portanto, que os processos reducionais e conservativos (**Figura 10**) são fundamentais na transmissão das características hereditárias.



**Figura 10:** Meiose e mitose na transmissão dos caracteres hereditários (Divisão celular-Lab-Gen.2002)

### A divisão por meiose favorece a variabilidade genética?

#### Mitose

Processo através do qual as células se dividem, resultando em duas células idênticas à original. A reprodução de células-filhas idêntica tem por finalidade o aumento do número de células no organismo para o seu crescimento ou repor células mortas. Alguns seres vivos utilizam a mitose para a reprodução assexuada da espécie.

No período que antecede a mitose, ocorre duplicação dos cromossomos e essa fase é denominada de interfase. Nessa fase os cromossomos passam a ter filamentos duplos recebendo o nome de cromátides.

#### Meiose

Processo de divisão que ocorre em células diplóides, ou seja, células com dois lotes de cromossomos e que originarão quatro células haplóides com apenas um lote de cromossomo cada um. Essa forma de divisão possibilita a formação de gametas, as células sexuais.

Nas células humanas diplóides existem 46 cromossomos, que através da meiose, são reduzidos a 23. Essas células sexuais, no processo de fecundação humana, formam a célula ovo, resultando novamente em 46 cromossomos (união de gametas com 23 cromossomos cada um). A meiose é responsável pela diversificação do material genético nas espécies, pois a reprodução sexuada permite a mistura de genes de dois indivíduos diferentes da mesma espécie na perpetuação da mesma.

## PARA LER

**Formação e diferenciação:** No ciclo vital da célula distingue-se um período de estabilidade, denominado interfase, e de um período de divisão, ou mitose. No primeiro, as moléculas de DNA, associadas a certas proteínas e às moléculas do ácido ribonucléico, RNA, se apresentam como uma massa de estrutura indefinida denominada cromatina. Ao iniciar-se a divisão da célula, a cromatina torna-se compacta. Isso ocorre porque o DNA duplica sua conformação molecular e adota uma configuração em forma de espiral, em duas seqüências sucessivas. O resultado final dessa compactação são os cromossomos, estruturas com formato de bastonetes, divididos em dois por uma constrição denominada centrômero.

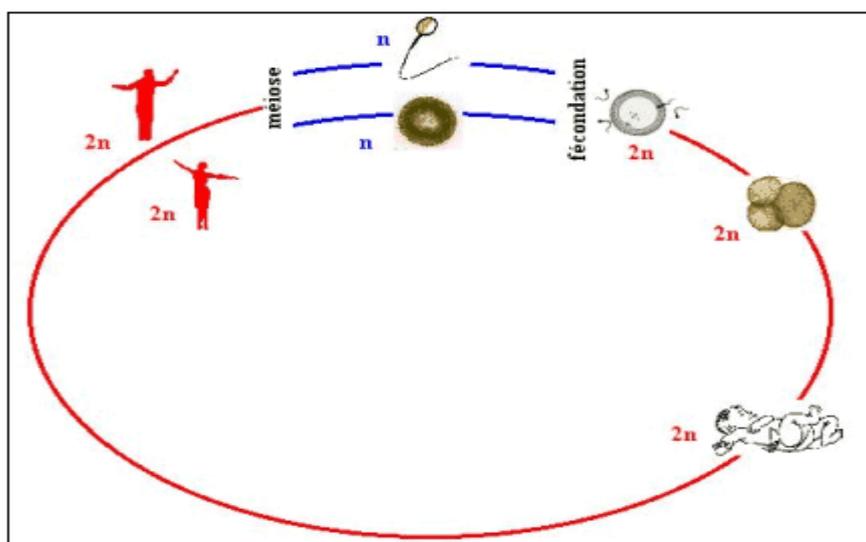
Os cromossomos se apresentam sob diferentes formas e dimensões, mas toda espécie viva possui um número constante deles, com tamanho, estrutura e ordenação características. A apresentação ordenada dos cromossomos de uma mesma espécie, de acordo com sua forma e tamanho, denomina-se cariótipo.

Os cromossomos das células somáticas existem aos pares e por isso tais células se denominam diplóides. Os dois cromossomos de um par são chamados homólogos; em cada par de homólogos, um dos cromossomos é de origem paterna e o outro, de origem materna. Representa-se por  $2n$  o número de cromossomos das células diplóides. No homem,  $2n = 46$ , pois suas células somáticas apresentam 23 pares cromossômicos.

Durante o processo de divisão celular denominado meiose, a célula produz gametas, ou células germinativas responsáveis pela reprodução sexuada, que contêm  $n$  cromossomos, ou seja, a metade do número de cromossomos das células somáticas. Denominam-se por isso células haplóides. Os gametas haplóides se unem e formam o zigoto diplóide, o qual se divide por mitoses sucessivas para formar as células somáticas do novo organismo (**Figura 11**).

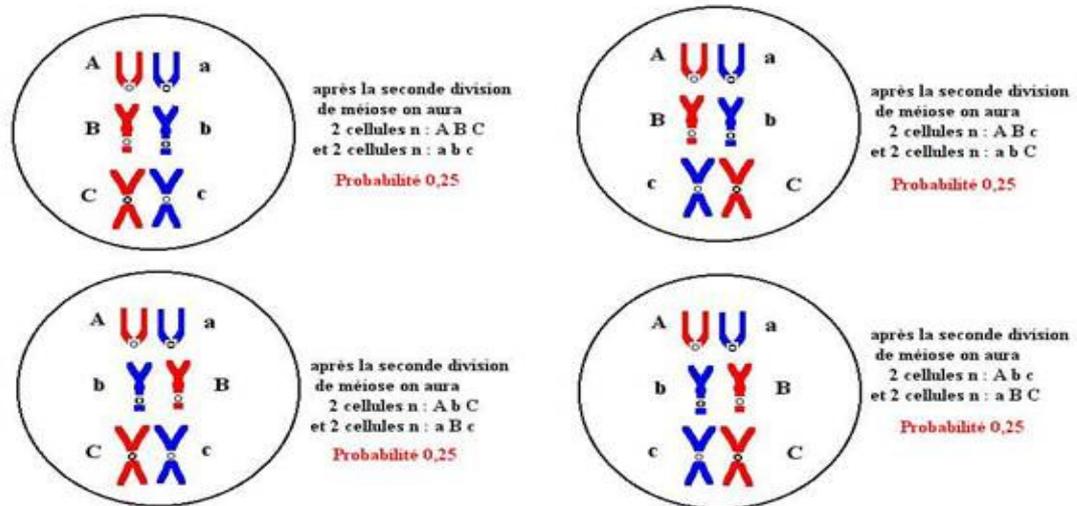
## ORIGENS DA VARIAÇÃO GENÉTICA

Nas espécies que se reproduzem sexuadamente, o comportamento dos cromossomos durante a meiose e a fertilização é responsável pela maior parte da variação observada em cada geração de indivíduos, como na espécie humana.



**Figura 11:** Ciclo de vida do Homem (Génétique-Mutagênese)

### Distribuição Independente de Cromossomos (Figura 12)



**Figura 12:** Distribuição Independente de Cromossomos (Génétique-Comparaison. Mitose Meiose)

*É IMPORTANTE NÃO ESQUECER QUE ESSES MECANISMOS “MISTURAM OS VÁRIOS GENES DE UMA POPULAÇÃO. ENTRETANTO, A DIVERSIDADE DE GENES É CRIADA POR MUTAÇÃO”.*

**Referências:**

A Célula-DNA, 2008. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/antartica/Palestra%204.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2009.

BIOLOGIA - GEOLOGIA. Reprodução Sexuada-meiose e Fecundação-2008. Disponível em: <[4.bp.blogspot.com/.../s320/meiose\\_vs\\_mitose.png](http://4.bp.blogspot.com/.../s320/meiose_vs_mitose.png)>. Acesso em: 01 abr. 2009.

CROMOSSOMOS – INFOESCOLA. Genética humana. 2007. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/cromossomos/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

DIVISÃO CELULAR-IPED. Colégio web. Ciclo celular: mitose e meiose. Disponível em: <<http://www.iped.com.br/colegio/biologia/divisao-celular>>. Acesso em : 10 abr. 2009.

FARAH, S.B. DNA - Segredos e mistérios. 2. ed. Ed. Sarvier. São Paulo.2007.

GENÉTIQUE-La Science a Paris.Universite Pierre e Marie Currie. Disponível em: <[www.edu.upmc.fr/.../images/pic002.jpg](http://www.edu.upmc.fr/.../images/pic002.jpg)>. Acesso em: 15 abr. 2009.

HIST. CIÊNC. SAUDE-MANGUINHOS. Representação visual de estruturas biológicas em materiais de ensino. vol.5 no.2 Rio de Janeiro July/Oct. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59701998000200007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59701998000200007)>. Acesso em: 10 abr. 2009.

KAVALCO, K. A citogenética-2003. Disponível em: <[http://www.biociencia.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=77&Itemid=109](http://www.biociencia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=77&Itemid=109)>. Acesso em: 10 abr. 2009.

LAB-GEN. A Célula. 2002. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/labgen/divcel.html>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

MEDCULTURA-Animação em 3D de meiose.Méd. cultura.2008. Disponível em: <<http://medcultura.blogspot.com/2008/04/animao-em-3d-de-meiose.html>>. Acesso em: 12 maio 2009.

WUO, M. LINKBIODIDÁTICA-Subsídios Teóricos e Práticos para o Ensino de Biologia. Universidade de Mogi das Cruzes. 2007.

**APÊNDICE F - Tema 6: Cariótipo: “O estudo dos cromossomos”**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio.**

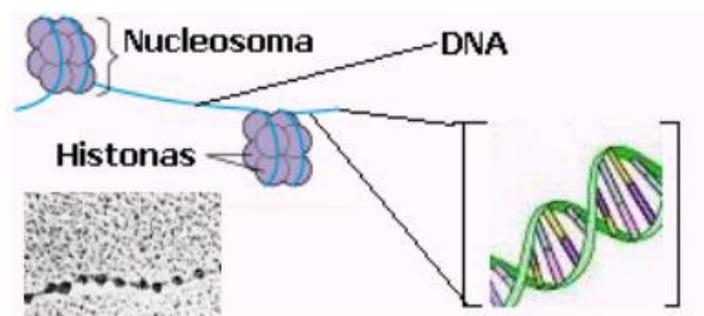
**Tema 6: Cariótipo: “O estudo dos cromossomos”**

**Cromossomos**

Todos os cromossomos são formados de DNA, ou podemos dizer que o cromossomo nada mais é do que uma longa fita dupla de DNA, toda enovelada e dobrada sobre si mesma, de várias formas, até atingir o aspecto de cromossomo. Dizer que um cromossomo é feito de DNA é o mesmo que dizer que um novelo é feito de linha.

Um cromossomo ou cromossoma é uma longa seqüência de DNA, que contém vários genes, e outras seqüências de nucleótidos com funções específicas nas células dos seres vivos.

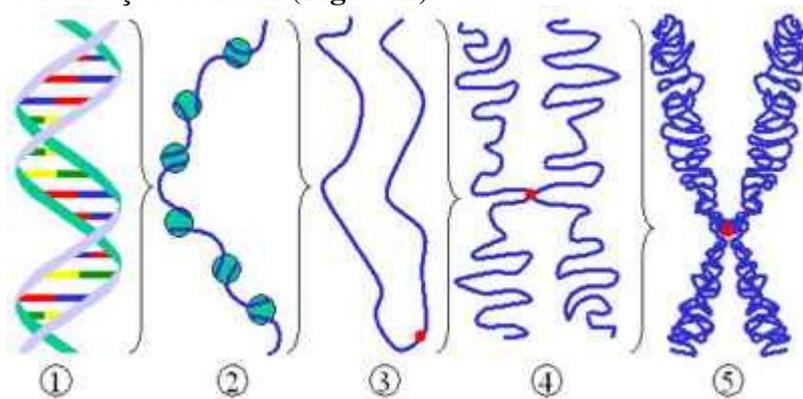
Nos cromossomos dos eucariontes, o DNA encontra-se numa forma semi-ordenada dentro do núcleo celular, agregado a proteínas estruturais, as histonas (**Figura 1**), formando filamentos espiralados designados de cromatina. Os procariontes não possuem histonas nem núcleo.



**Figura 1:** Organização do DNA e as Histonas (Material genético y reproducción celular-Educarchile-2009)

**Cromatina**

Cromatina é o material do qual são feitos os cromossomos, que consiste no complexo de DNA ativo e histonas encontrado no núcleo de células eucarióticas. Existe a heterocromatina, que consiste em DNA inativo e que parece ter funções estruturais durante o ciclo celular, a cromatina apresenta-se modificada de acordo com os diferentes níveis de condensação do DNA (**Figura 2**).



**Figura 2:** Diferentes níveis de condensação do DNA. (1) Cadeia simples de DNA. (2) Filamento de cromatina (DNA com histonas). (3) Cromatina condensada em interfase com centrômeros. (4) Cromatina condensada em prófase. (Existem agora duas cópias da molécula de DNA) (5) Cromossomo em metáfase (Ácido desoxirribonucléico-Wikipedia)

## Número de Cromossomos

Nas células humanas existem 46 cromossomos, sendo que 44 formam 22 pares semelhantes no homem e na mulher e são designados autossomos. Os outros dois cromossomos formam o par de cromossomos sexuais e que são designados por letras; a mulher tem dois cromossomos X e o homem um cromossomo X e um Y.

Portanto, dos 46 cromossomos existentes em cada célula, 44 são chamados cromossomos autossômicos e dois sexuais. Podemos representar os cromossomos da célula de uma mulher por 44, XX, e os cromossomos da célula de um homem por 44, XY.

Todo o material genético das células é absolutamente indispensável para o seu funcionamento normal. Qualquer perda ou acréscimo deste material muda completamente o seu funcionamento. Por isto, em alguns casos, é importante fazer o estudo e a análise dos cromossomos.

Na maioria das espécies cada célula contém dois cromossomos de cada tipo (diplóide), que são idênticos. O número básico de cromossomos da espécie ou o conjunto completo de cromossomos diferentes é denominado por genoma (**Quadro nº1**).

Assim, o genoma humano é representado por 23 cromossomos. Em organismos diplóides as células somáticas apresentam  $2n$  cromossomos no qual  $n$  veio de seu genitor feminino e os  $n$  restantes do genitor masculino.

Espécie	cromossomos	Espécie	cromossomos
Drosófila	8	Humano	46
Ervilha	14	Macaco	48
Cobaia	16	Carneiro	54
Milho	20	Cavalo	64
Caracol	24	Galo	78
Minhoca	32	Carpa	104
Porco	40	Borboleta	~380
Porco	42	Samambaia	~1200

**Quadro nº1:** genomas de diferentes espécies (A genética é Pop-Cromossomos. UFV).

Outro fato importante no estudo dos cromossomos é a distinção, em certas espécies, dos cromossomos autossomais e sexuais.

Em certos insetos, como o gafanhoto, a fêmea possui dois cromossomos sexuais e o macho, apenas um. As fêmeas são XX e os machos XO (O indica a falta de outro cromossomo sexual).

Nas aves e nas mariposas, é a fêmea que possui cromossomos diferentes (ZW), enquanto o macho é homogamético, apresentando cromossomos iguais (ZZ).

## Curiosidade-Citogenética

A citogenética, no estudo dos diferentes aspectos da reprodução de plantas (mamão e maracujá), e na caracterização e avaliação de recursos genéticos vegetais (pimentas e pimentões) têm conseguido a chegar ao fruto sem sementes; há cinco etapas durante o processo.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense vem desenvolvendo um protocolo para induzir poliploidia em mamoeiro (**Figura nº3**) a partir de genótipos diplóides. Primeiramente, os genótipos da planta, que são diplóides ( $2n=2x=18$  cromossomos), são submetidos a um agente poliploidizante que provocará alterações no número de cromossomos. Num segundo momento, identificam-se e selecionam-se genótipos tetraplóides (com quatro vezes o número de cromossomos característico da espécie ou  $2n=4x=36$  cromossomos), que após avaliação agrônômica, serão cruzados, na fase seguinte, com os diplóides. O resultado serão genótipos triplóides (com três vezes o número de cromossomos característicos da espécie ou  $2n=3x=27$  cromossomos).

**Figura nº 3:** poliploidia em mamoeiro (Homero, V. FAPERJ)



Por apresentar um número ímpar de cromossomos, esse material triploide tem a divisão meiótica irregular, gerando gametas desbalanceados e inviáveis. Quando frutifica, seus frutos não apresentam sementes devido a esse desbalanço dos cromossomos nos gametas. A última fase é de avaliação do comportamento agrônômico desses triploides. Pesquisas desse tipo normalmente envolvem o uso de colchicina, um alcalóide muito utilizado em plantas justamente com o objetivo de obter poliplóides do tipo tetraploide e triploide.

O emprego de diversas técnicas de biotecnologia como ferramentas importantes nos programas de melhoramento do mamoeiro é recente. No Brasil, os diversos programas em andamento visam desenvolver variedades e, ou, híbridos resistentes às doenças, agregando características agrônômicas desejáveis. (PÉREZ. 2003.)

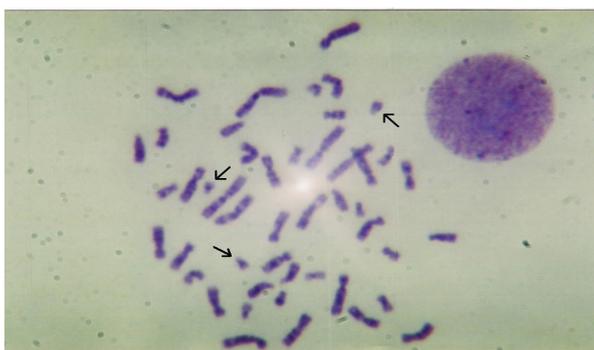
## Cariótipo

O cariótipo consiste na avaliação dos cromossomos obtidos por técnicas de cultura e coloração por bandas por meio das quais é possível identificar individualmente cada cromossomo, detectar alterações numéricas (por exemplo, trissomias e monossomias), deleções, inversões, translocações e outros rearranjos.

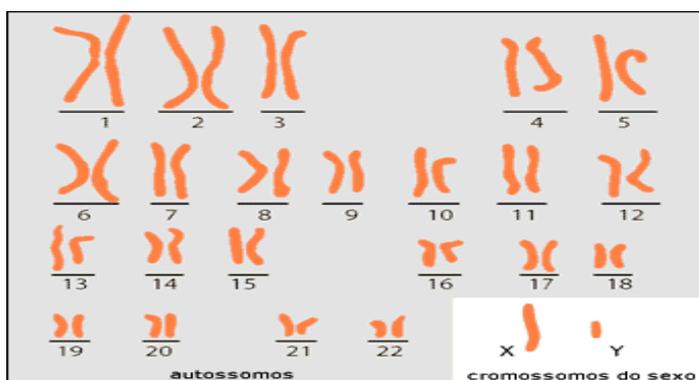
Os cromossomos só são visíveis ao microscópio comum, durante uma determinada fase da divisão celular (metáfase), portanto, as células que serão analisadas precisam estar vivas e se multiplicando.

No estudo dos cromossomos, geralmente, usa-se células sanguíneas, ou no caso de diagnóstico pré-natal, células de tecidos fetais colhidas através de um exame específico. Depois de colhidas, estas células são cultivadas em laboratório e preparadas para a análise de seus cromossomos. Caso a cultura das células não cresça, novo material é colhido e todo o processo é iniciado outra vez.

Na fase exata da divisão celular, as células são tratadas com uma substância que interrompe esta divisão. Os cromossomos são então fotografados ao microscópio (**Figura 4**), recortados e, aos pares, colados lado a lado, por ordem de tamanho, do maior para o menor (**Figura 5**).

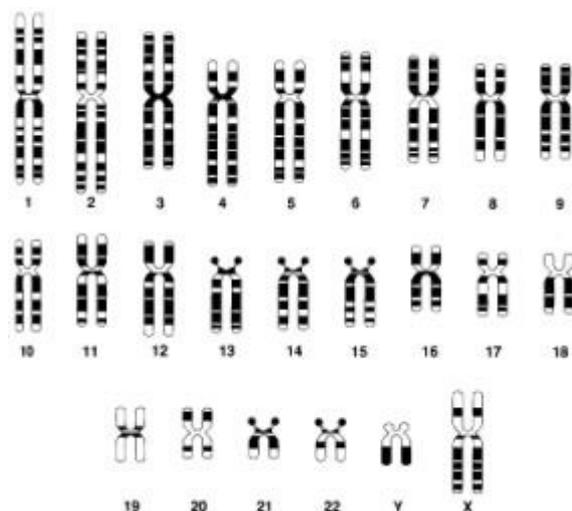


**Figura 4:** Cromossomos humanos durante a metáfase celular (Citogenética-Poligene. 2005).



**Figura 5:** Os 23 pares de cromossomos humanos (Citogenética-Poligene. 2005).

Na análise do cariótipo, então estes pares são numerados de 1 a 22 de acordo com o tamanho (**Figura 6**), sendo que o par de cromossomos sexuais recebe as letras XX no caso das mulheres e XY no caso dos homens. Este arranjo dos cromossomos é chamado cariótipo. Na **Figura 7**, pode-se verificar os cromossomos humanos do sexo masculino e feminino que receberam números ou letras e são separados de acordo com suas características.



**Figura 6:** Ideograma de cariótipos (haplóides), ordenados de acordo com o tamanho (Cariótipo-Mundo Educação).



Cariótipo Humano – Sexo Masculino 46, XY Cariótipo Humano – Sexo Feminino 46, XX.

**Figura 7:** Cromossomos humanos (Citogenética-Poligene 2005).

## Indicações

O exame dos cromossomos ou cariótipo só é indicado quando existe suspeita de alguma anomalia cromossômica, ou seja, quando há suspeita que a pessoa apresenta cromossomos a mais ou a menos, cromossomos partidos, translocações, falta de pedaço em algum cromossomo, etc.

Além de fornecer o diagnóstico, o exame cariótipo é usado no aconselhamento genético para calcular o risco de nascer uma nova criança com anomalia.

As indicações para o estudo do cariótipo no pré-natal são bem definidas, como:

- idade materna avançada
- alteração em exames séricos maternos
- alteração na ultra-sonografia fetal
- presença de rearranjo cromossômico em um dos genitores
- gravidez prévia e/ou criança nascida com anomalia cromossômica

cromossômica

## **Aconselhamento Genético**

A função primeira do aconselhamento genético é ajudar casais a descobrir a probabilidade de ocorrências de um defeito genético em uma concepção.

Muitos casais que já tiveram um filho com algum tipo de defeito congênito, ou que possuem um histórico de doenças hereditárias, ou que sofrem de doença conhecida ou tem suspeita de serem herdadas, ou que são casais que pertencem a um grupo étnico de risco, podem se valer de informações importantes sobre a probabilidade com algum defeito genético.

O orientador genético ou geneticista terá como missão realizar um histórico familiar completo que contemplará inclusive exames físicos específicos nos pais prospectivos e também nos filhos existentes na constituição familiar.

Exames laboratoriais de sangue, urina, fezes, pele, impressões digitais são utilizadas para dar maior corpo à pesquisa.

São feitos estudos e análises dos cromossomos a partir da preparação de tecidos orgânicos para que os resultados dessa pesquisa sejam organizada e estruturada em um quadro denominado cariótipo que poderá mostrar a existência ou não de anomalias cromossômicas e suas probabilidades de transmissão para os futuros bebê.

**Cariótipo 1 - Construção de Idiograma** ( AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R.1997).

**Objetivo:** Montar um idiograma humano normal

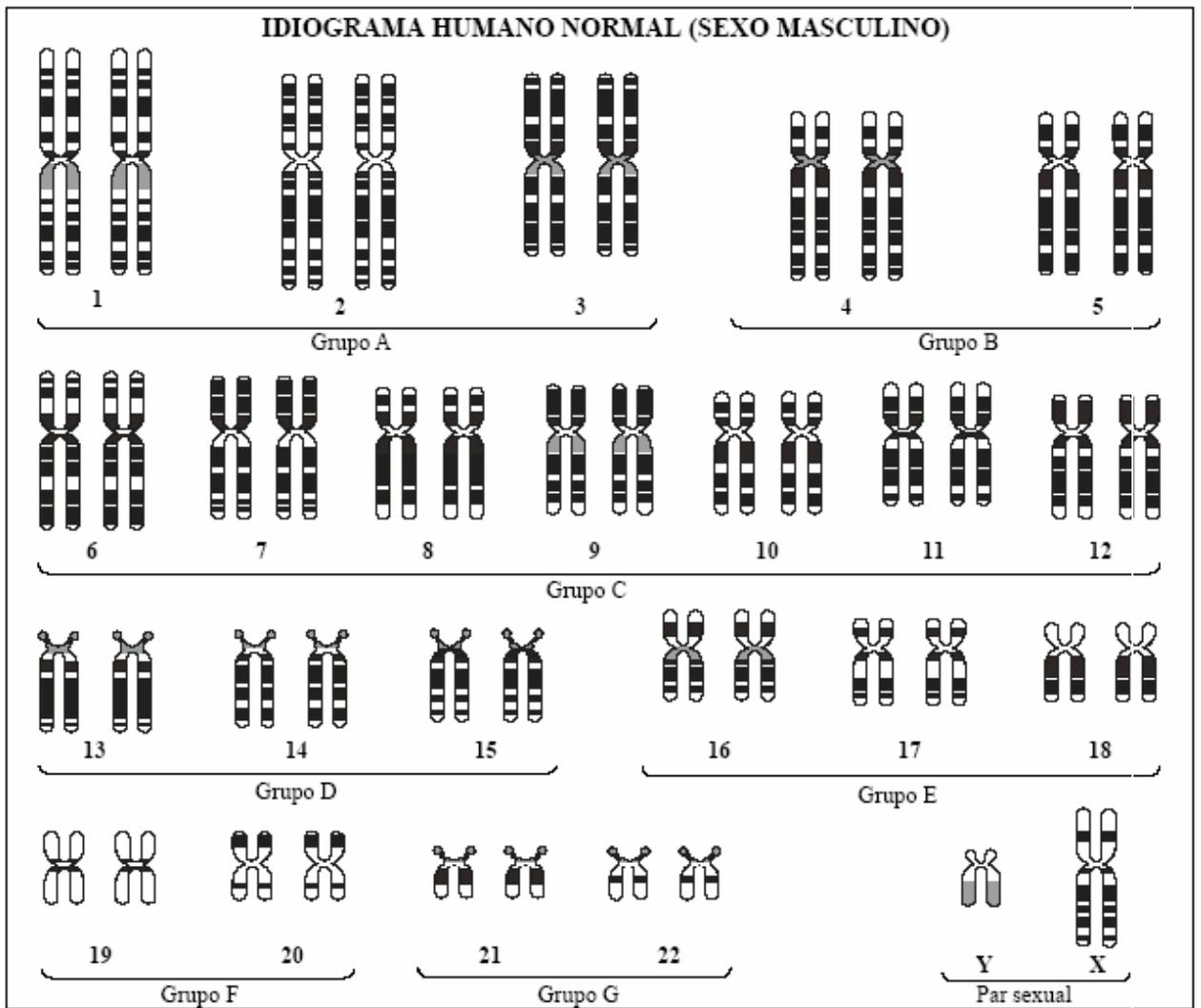
O trabalho é parecido com dos citogeneticistas que montam idiogramas para:

- 1) descobrir eventuais problemas em cromossomos de portadores de anomalias genéticas;
- 2) classificação e estudos sistemáticos e evolutivos de espécies de animais e vegetais.

Usaremos desenhos esquemáticos para simplificar o trabalho de identificação. Os citogeneticistas utilizam fotografias com as metáfases.

**Material:**

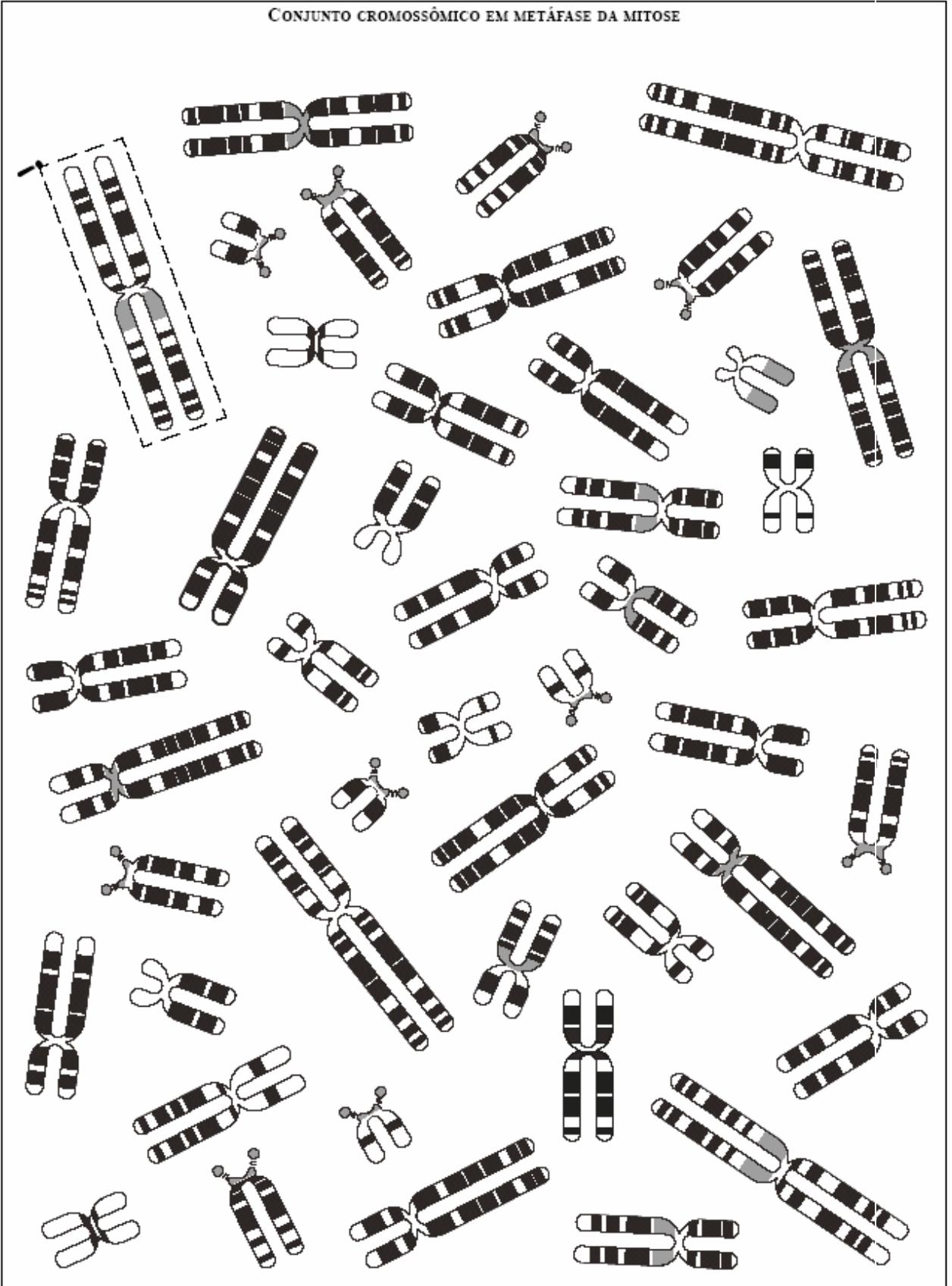
- Tesoura;
- Envelope com identificação do grupo;
- Régua milimetrada;
- Cola em bastão;
- Conjunto de cromossomos bandeados metafásicos para recortar;
- Gabarito para colar os cromossomos nos respectivos grupos;



**CÉLULA DIPLÓIDE HUMANA MASCULINA**

CONJUNTO CROMOSSÔMICO EM METÁFASE DA MITOSE

©Amabis e Martho / Editora Moderna - Reprodução autorizada



## EXERCÍCIOS

### Procedimentos:

#### 1ª Etapa

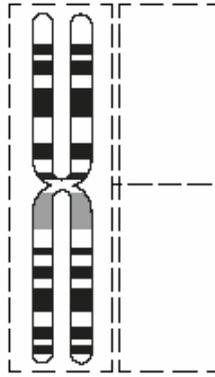
- \*Recortar os cromossomos conforme a orientação - contornando o cromossomo;
- \*Colocar os cromossomos no envelope;
- \*Identifique o envelope com o nome dos componentes do grupo;

#### 2ª Etapa

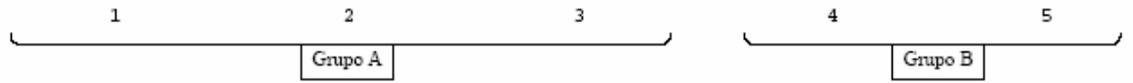
1. Organize os cromossomos em ordem decrescente;
2. Observe a posição do centrômero e o padrão de banda de cada cromossomo;
3. Comparando as bandas e a posição do centrômero procure colocar os cromossomos homólogos juntos - mantenha a ordem decrescente;
4. Utilize a régua milimetrada para verificar o tamanho dos cromossomos quando você tiver dúvidas;
5. A medida que você for identificando os cromossomos cole-os na posição indicada para cada grupo no Gabarito;
6. **Grupo A** - pares 1, 2 e 3 - são os maiores cromossomos. Os pares 1 e 3 são metacêntricos enquanto que o par 2 é submetacêntrico;
7. **Grupo B** - pares 4 e 5 - são os maiores cromossomos submetacêntricos, sendo que o par 4 é ligeiramente maior que o par 5 - compare as bandas e, se necessário, faça medidas;
8. **Grupo D** - pares 13, 14 e 15 - são os maiores cromossomos acrocêntricos - organize-os em ordem decrescente comparando as bandas para identificar os pares;
9. **Grupo F** - pares 19 e 20 - são os menores cromossomos metacêntricos organize-os em ordem decrescente e compare as bandas;
10. **Grupo G** - pares 21, 22 e o Y presente no cariótipo de \_\_\_\_\_. São os menores cromossomos acrocêntricos, compare as bandas;
11. **Grupo E** - pares 16, 17 e 18 - dos cromossomos que sobraram são os menores. Organize-os em ordem decrescente, compare as bandas para identificar os pares;
12. **Grupo C** - pares, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e X - em cariótipo de \_\_\_\_\_ apenas um X e em cariótipos de \_\_\_\_\_ dois X. Organize-os em ordem decrescente e compare as bandas para identificar os homólogos;
13. Agora que você já montou o idiograma apresente a **notação** do mesmo

### IDIograma HUMANO NORMAL (SEXO MASCULINO)

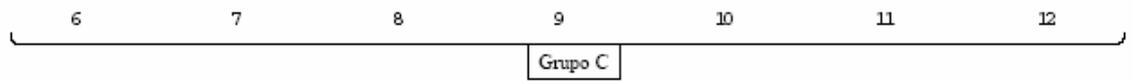
Montado por: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_



\*



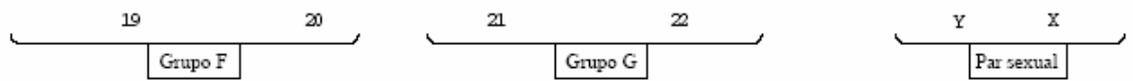
\*



\*



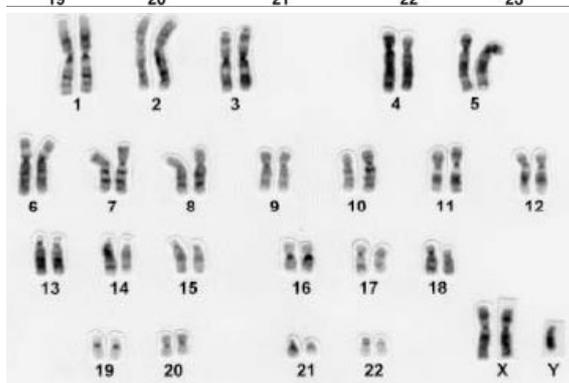
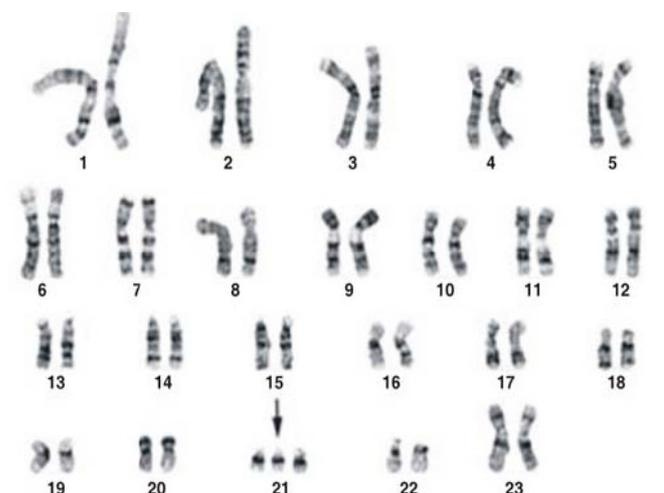
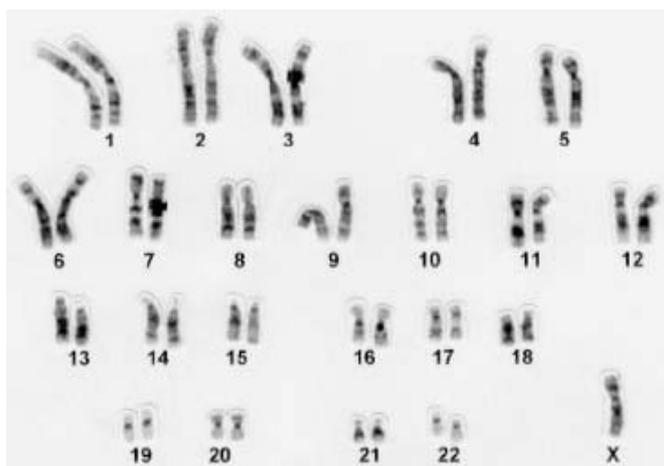
\*



## EXERCÍCIOS

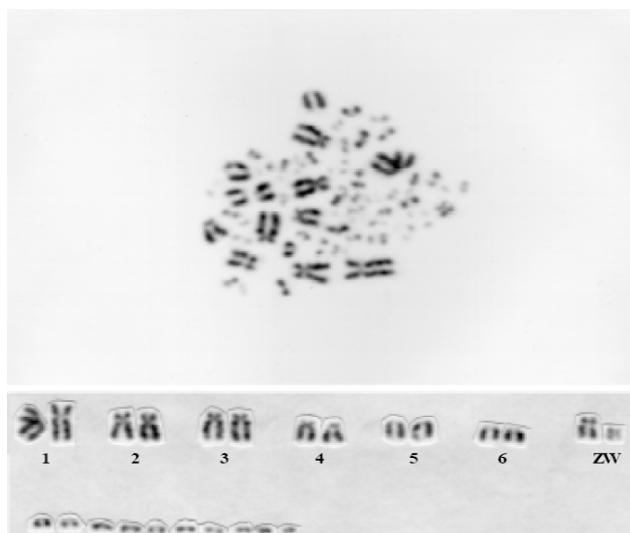
1). As mutações são alterações no material genético de uma célula. Possuindo cada célula humana 23 pares de cromossomas é de esperar que a taxa de mutações seja elevada. A figura representa três kariótipos respeitantes a indivíduos afetados por mutações.

Exclusivamente com base nos dados da figura, refira as diferenças entre os kariótipos apresentados na **Figuras nº. 8.**

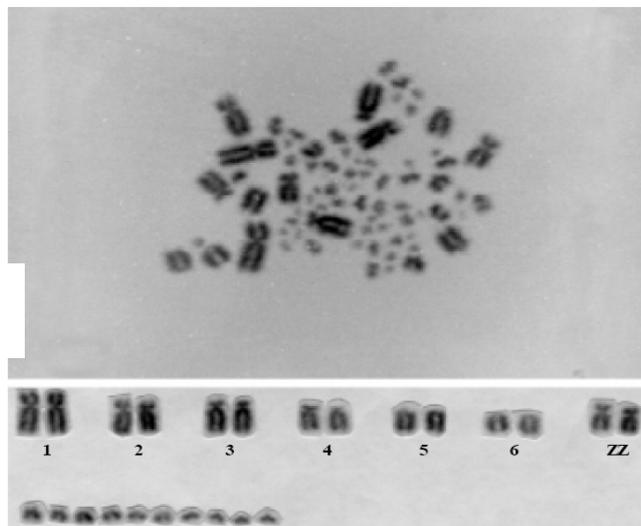


**Figura nº. 8:** Cariótipos com mutação cromossômica (Pires, M.2008.).

Cariótipos do bicudo Macho e Fêmea. (**Figuras nº10 e nº11**)



**Figura nº. 10** cariótipo Bicudo Fêmea



**Figura nº11** cariótipo Bicudo Macho

2). O que é mostrado nas **Figuras nº10 e nº11**? Explique.

## REFERÊNCIAS

- A DIVISÃO celular. Só Biologia-Citologia. Disponível em: <[www.sobiologia.com.br/.../Corpo/cromossomos.gif](http://www.sobiologia.com.br/.../Corpo/cromossomos.gif)>. Acesso em: 15 maio 2009.
- A GENÉTICA é pop-Cromossomos -Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/labgen/crom.html>>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- Ácido desoxirribonucléico. Histórico do estudo do DNA. Wikipédia. Disponível em: <[upload.wikimedia.org/.../Chromatin\\_chromosom.png](http://upload.wikimedia.org/.../Chromatin_chromosom.png)>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- ALBERTS, B. et al. Biologia Molecular da Célula. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, reimpressão 2007.
- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. Fundamentos da Biologia moderna, São Paulo, Ed. Moderna, 1997.
- CARIÓTIPO – Mundo-Educação. Biologia/Genética. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/cariotipo.htm>>. Acesso em : 15 abr. 2009.
- CARIÓTIPO: Técnica de estudo de citogenético convencional. Disponível em: <[hww.centrogenetica.arrakis.es/tema4.htm](http://hww.centrogenetica.arrakis.es/tema4.htm)>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- Citogenética-Poligene. Laboratório e centro de pesquisas. Florianópolis. SC. 2005. Disponível em: <[hww.poligene.com.br/laboratorios\\_florianopoli...](http://hww.poligene.com.br/laboratorios_florianopoli...)>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- FARAH, S.B. DNA. Segredos & Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier.2007.
- HOMERO, V. Uenf faz pesquisa para produzir mamão sem caroços. Disponível em: <[hww.faperj.br/versao-impressao.phtml?obj\\_id=2771](http://hww.faperj.br/versao-impressao.phtml?obj_id=2771)>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- MATERIAL genético y reproducción celular-Educarchile-2009. Disponível em : <<http://200.55.210.207/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=2b81f43d-6919-4522-8663-9f7386bd3496&ID=106166>>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- PÉREZ, E.G. MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO .2003. Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=6062](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=6062)>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- PIRES, M. Genetic Mutations. 2008. Disponível em: <[geneticmutations.blogspot.com/](http://geneticmutations.blogspot.com/)>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- SÉZAR, S. SILVA JÚNIOR, C. Biologia: volume único. 4. ed. São Paulo; Saraiva 2007.
- WUO, M. LINKBIODIDÁTICA- Subsídios Teóricos e Práticos para o Ensino de Biologia. Universidade de Mogi das Cruzes. 2007.

## **APÊNDICE G - Tema 7: Teste de paternidade**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

### Tema 7: Teste de paternidade

#### Observe as seguintes notícias:

“A Revista Times anunciou as melhores invenções do ano de 2008 a qual ficou na primeira posição é um aparelho que testa o DNA de forma caseira, o qual foi intitulado como 23andMe (**Figura 1**). Este Teste de ADN 23andMe não é tão conhecido como o iPhone ou como o Cristiano Ronaldo mas serve para sabermos mais informação sobre a nossa pessoa, nossos familiares ou até outra pessoa qualquer. O nome pode parecer absurdo mas o número 23 vem dos 23 pares de cromossomas encontrados na seqüência genética humana. No entanto, a análise de sua saliva real amostra é feita em cerca de 600000 polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs), que estão espalhados por toda a seqüência genética. O Teste de DNA 23andMe também analisa alguns milhares de componentes do nosso DNA mitocondrial.. seja lá o que isso for” (SIMÕES.2008).

A lista deste teste de DNA fornece resultados relacionados com degeneração muscular relacionada à idade, doença de Crohn, doença de Parkinson, artrite reumatóide, a resistência ao HIV / AIDS e também a doença que afeta muitas pessoas em Portugal e Brasil; Diabetes tipo I e Diabetes tipo II.



**Figura 1:** Teste de DNA em saliva colhida no tubo (X23andMe.2009)

#### DNA mitocondrial

Além do DNA genômico, presente no núcleo das células, também há DNA nas mitocôndrias, organelas situadas no citoplasma. Esse DNA é muito menor que o nuclear e tem estrutura circular, que o torna mais parecido com o das bactérias.

No contexto da análise forense, o interesse pelo DNA mitocondrial surgiu por vários motivos: primeiro esse DNA também contém regiões polimórficas que permitem sua individualização; segundo, os descendentes recebem esse DNA apenas da mãe, o que permite traçar a linhagem materna de uma pessoa; e terceiro, esse DNA é mais resistente à degradação que o DNA nuclear. Assim, em grandes desastres (incêndios, explosões, queda de avião, etc.), quando é mais difícil identificar os corpos, analisa-se o DNA mitocondrial. Este é extraído dos restos mortais e a seqüência de interesse é comparada com seqüências obtidas de irmãos ou ascendentes maternos. (DNA mitocondrial. Brasil Escola 2009).

**Agora observe outros fragmentos de noticiários variados:**

## **“Teste de DNA confirma que ossos são de Steve Fossett”**

“Milionário desapareceu em 3 de setembro de 2007. Ossos foram encontrados perto de avião que era de Fossett.” (Gazeta do povo.Paraná.2008) .

**“Teste de DNA livra homem acusado por estupro após 26 anos ”**  
19/09/2008 às 14h15 (Newspeg.com. 2008).

Um acusado por estupro que passou quase 26 anos na prisão foi libertado por uma corte de Dallas. Um juiz recomendou a revisão da pena de Johnnie Earl Lindsey, após um teste recente de DNA demonstrar sua inocência.

Lindsey é o 20º réu do condado de Dallas a ser inocentado por testes de DNA desde 2001, quando passou a valer uma nova lei estadual que aceita esses exames como provas em processos.

## **“Israel fará teste de DNA em cocô de cachorro para punir donos 'porcalhões'”** (Gazeta do povo. Paraná. 2008).

*Quem deixar fezes de cão na rua corre o risco de levar multa. Cidade vai criar banco de dados com código genético de animais.*

## **“Xororó faz exame de DNA obrigado pela Justiça”** (Perfilnews, 2006).

Cantor sertanejo Xororó compareceu, na semana passada, ao Hemocentro de Ribeirão Preto, no interior de São Paulo, para colher sangue para um exame de DNA, segundo informações do jornal A Cidade. O músico foi ao laboratório obrigado por uma ordem judicial expedida a partir da solicitação da família de uma adolescente de 19 anos que garante ser filha de Xororó.

De acordo com o jornal, a coleta será encaminhada ao Instituto de Medicina Social e de Criminologia (Imesc) de São Paulo, onde será feito o exame de DNA.

## **Estado vai ser palco de debate sobre teste de DNA** (Governo do Estado do Espírito Santo. 2008).

A forma operante e os benefícios da análise do DNA para identificação de paternidade e cadáver são alguns dos temas debatidos durante o I Seminário Brasileiro de DNA e Laboratórios Forenses, que começa amanhã (28) e vai até sexta-feira (31), no hotel Canto do Sol, em Vitória.

**EXTRAÇÃO DE DNA CADAVERÍCO VERSUS ANÁLISE DO DNA DE FAMILIARES** (Pinto, G.H.F. Teste de paternidade por análise de DNA).

Sabe-se atualmente de experimentos bem sucedidos e realizados em tecidos humanos de 8 a 10 anos post-mortem e mesmo em animais mumificados há 140 milhões de anos, como o inseto recentemente encontrado em âmbar, e cujo DNA foi extraído praticamente intacto. Estes experimentos foram tão importantes para a Ciência e ampliaram de tal forma os horizontes e as possibilidades de estudos no campo da Paleontologia que inspiraram inclusive o filme de Steven Spielberg, "Jurassic Park".

### **Situação problema:** (Ferreira, D., Projeto: Folha .Genética.)

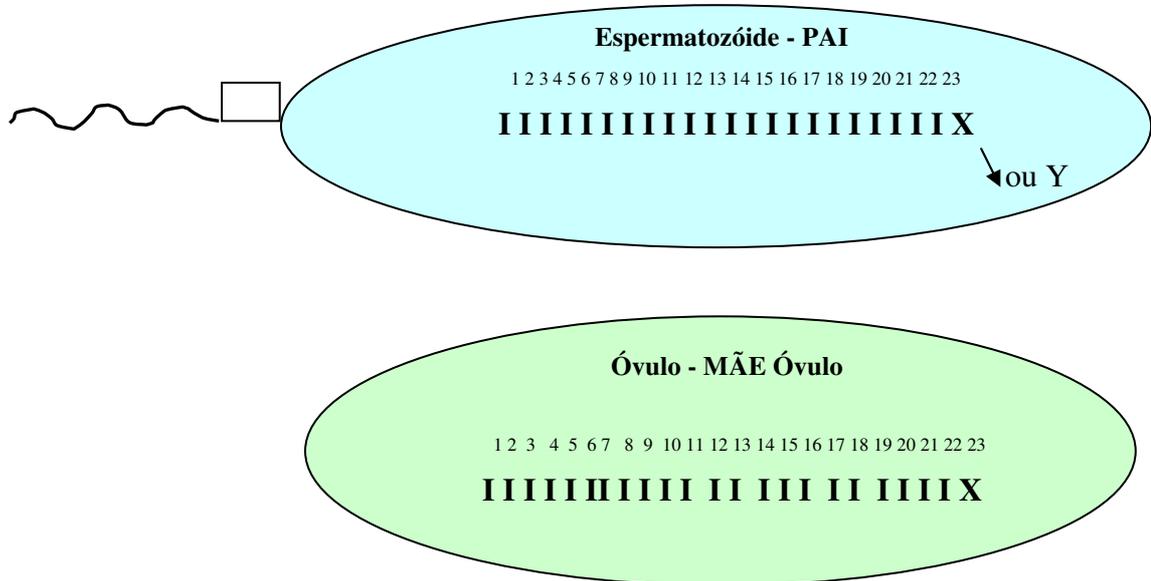
*“Uma certa mãe está criando o seu filho sozinha, com muitas dificuldades. Seus pais não deram o apoio que esperava, o suposto pai quando procurado para ajudar a mulher, diz que não é o pai do filho que ela está criando. Além de negar a paternidade, faz acusações levianas dizendo que a mulher não sabe direito quem é o pai. Ela quer resolver esta situação para resgatar sua honra, e tentar obter alguma ajuda mesmo que seja apenas financeira. Ouviu dizer que num certo canal de TV, eles fazem o exame de graça, e para lá dirigiu-se”.*

#### **Como resolver esse problema e outros questionamentos?**

- E se o referido homem não quiser fazer o exame?
- Somente o homem deve fazer o exame?
- Somente com o sangue é que podemos realizar este exame?
- Outras partes do corpo podem ser utilizadas?
- O fio de cabelo pode ser utilizado para fazer exame?
- E se o homem já estiver morto, o exame é válido?
- É confiável? A justiça aceita este tipo de exame?
- Pode ser feito antes de o bebê nascer?

Qual a origem do DNA?

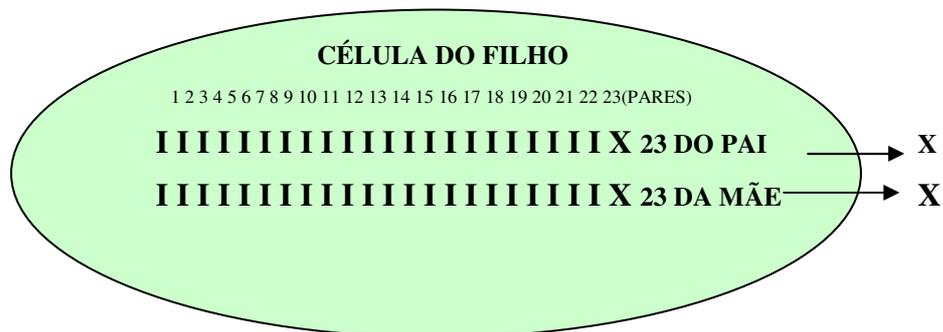
As nossas células somáticas possuem 46 cromossomos. 23 cromossomos vieram do PAI e 23 cromossomos vieram da MÃE. (**Figura 2**).



**Figura 2:** Os 23 cromossomos nas células germinativas humanas. (FERREIRA, D., Projeto Folhas. Genética)

Quando ocorre a fecundação, a célula do futuro filho (**Figura 3**) conterà obrigatoriamente:

- 23 cromossomos (DNA) oriundos do Pai.
- 23 cromossomos (DNA) oriundos da Mãe.



**Figura 3:** 23 pares de cromossomos da célula filho. (Ferreira, D., Projeto Folhas. Genética)

Desse modo, dentro das células somáticas do filho estão os 23 pares de cromossomos oriunda metade do DNA do Pai e a outra metade será da Mãe.

## Teste de DNA

O teste de paternidade, também chamado de teste de DNA, permite comparar as informações genéticas do DNA da criança com aquelas encontradas no DNA do suposto pai. Basta uma pequena amostra de sangue dos envolvidos (suposto pai, mãe e filho) para que haja 99,99% de certeza do resultado.

O DNA é uma substância que transmite as características hereditárias dos pais para os filhos. Está presente em todas as células do corpo, mas para o teste de paternidade as amostras de sangue são preferíveis porque contêm maior quantidade e melhor qualidade de DNA. Este pode ser extraído de outros materiais biológicos (sêmen, raiz do cabelo, bulbo capilar) preservada, entre outros, mas só em outras circunstâncias, como crimes. (Exame do DNA. Diagenix Biotecnologia e Diagnóstico 2005).

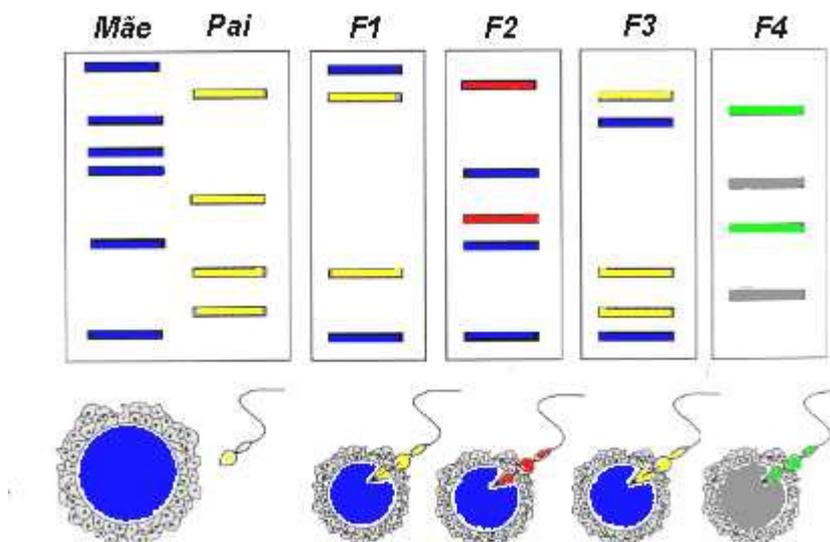
No exame de teste de DNA não é necessário a presença de ambas as partes, mas é recomendado que os mesmos presenciem a coleta, fazendo o exame no mesmo local e na mesma hora.

A identidade das pessoas é comprovada por meio de documentos, com foto e, no caso dos menores, pela certidão de nascimento. Além disso, as pessoas são fotografadas e, eventualmente filmadas. Quando o pai é falecido, as características genéticas podem ser obtidas através do exame de membros da família até o segundo e terceiro grau e, também através da exumação do cadáver. (ALMEIDA, E. Teste de paternidade).

Para que os resultados obtidos em tipagem do DNA tenham validade na Corte de Justiça, é exigido que o exame seja conduzido seguindo rigorosamente os protocolos desde a coleta de material até à interpretação dos resultados finais.

### A análise do DNA

- 1) Será feito um mapa genético da Mãe.
- 2) Será feito um mapa genético do suposto pai.
- 3) Será feito um mapa genético do Filho, que deverá conter metade do Dna da mãe e a outra metade complementar do pai biológico. (**figura 4**)



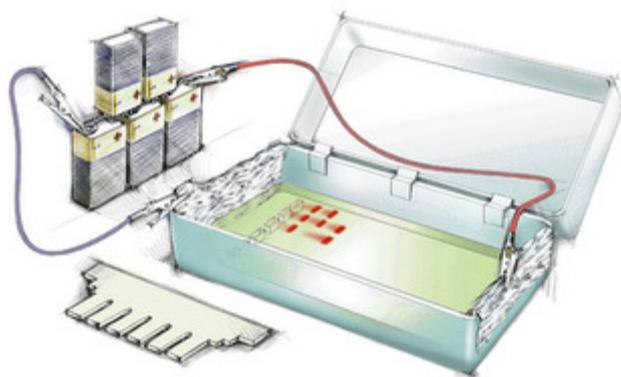
**Figura 4:** Mostra de padrões de DNA de um casal (mãe e pai) e seus quatro filhos: F1-filho biológico do casal, F2 - filho somente da mãe, F3 - filho biológico do casal e F4 - filho adotivo do casal (SILVA, R.V. Teste de paternidade por meio de DNA)

Em um teste de paternidade várias regiões do DNA são analisadas em diferentes cromossomos de forma que não é necessário mapear todo o DNA, apenas pequenas regiões específicas.

O processo mais simples para caracterizar o DNA consiste em cortar essas moléculas com o auxílio de “tesouras moleculares” chamadas enzimas de restrição. Estas enzimas podem ser purificadas a partir de bactérias, cortam a dupla hélice de DNA em sítios específicos, definidos pela sequência de nucleotídeos local, clivando em vários fragmentos que são analisados.

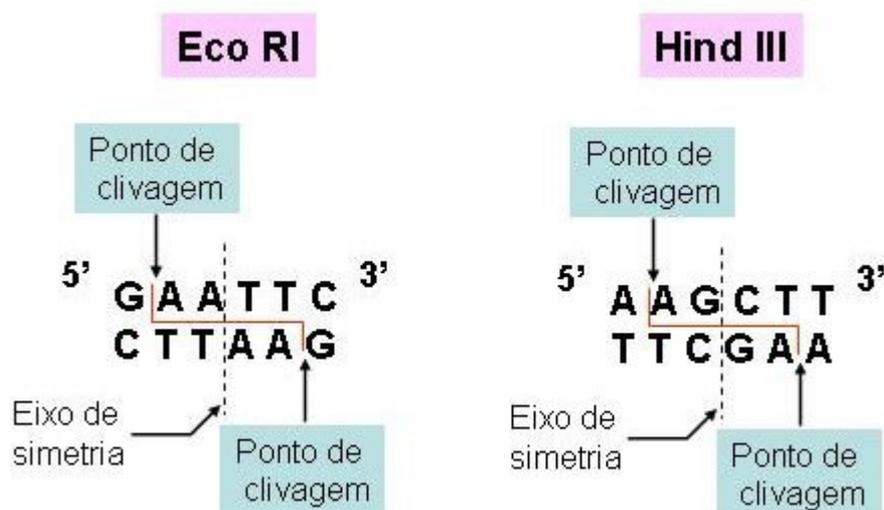
Somente 2-3% dos 3 bilhões de pares de base da molécula de DNA contidos no núcleo da célula humana codificam genes, ou seja, formam a parte funcional do DNA responsável em produzir as proteínas. A maior parte do DNA intergênico consiste de seqüências que se repetem muitas vezes por todo o genoma. Estes fragmentos, denominados de DNA repetitivo, representam interrupções ou fraturas no código genético. O tamanho destas regiões repetitivas pode diferir de um indivíduo para o outro.

Estas diferenças nas moléculas de DNA são chamadas de polimorfismos e podem servir como marcadores genéticos. Através de técnicas de biologia molecular é possível diferenciar geneticamente os indivíduos pela caracterização deste polimorfismo de acordo com seu número e comprimento. As enzimas de restrição são utilizadas para cortar o DNA em locais específicos compostos por 4 a 10 bases e geram fragmentos de restrição de diferentes tamanhos. O padrão de fragmentos de um dado indivíduo constitui o que é denominado impressão digital do DNA (“DNA fingerprint”). (**Figura 5**)



**Figura 5:** DNA fingerprint (LASNEAUX, M.V. Engenharia Genética. 2008).

Uma das primeiras enzimas de restrição a ser isolada foi a EcoRI, produzida pela bactéria *Escherichia coli* (**Figura 6**). Essa enzima reconhece apenas a seqüência GAATTC e atua sempre entre o G e o primeiro A. O local do “corte”, o local de uma enzima, é conhecido como sítio alvo. Essa enzima não atua no DNA da própria bactéria devido à existência de outras enzimas protetoras, que impedem a ação das enzimas de restrição no material genético da bactéria.



**Figura 6:** Enzimas de restrição e sítios de clivagem (Enzimas de restrição: As tesouras moleculares. Só Biologia. 2008).

As conquistas da engenharia genética foram possíveis devido a descobertas de enzimas especiais como as enzimas de restrição utilizadas para reconhecer e clivar ou digerir, somente determinada sequência de bases nucleotídicas no DNA. Esta enzima sempre cliva na mesma sequência e geralmente são utilizadas em experimentos de clonagem, enzimas de restrição típicas que reconhecem sequências de quatro, seis ou oito bases. As enzimas de restrição têm a função de defender a bactéria contra DNA invasor, por exemplo, contra vírus bacteriófagos destruindo este DNA que penetrou na bactéria.

### 1) Exercício sobre teste de paternidade e identificação de pessoas

Nesta atividade você aplicará princípios de identificação de pessoas pelo DNA (PINTO. G.H. F Teste de paternidade por análise de DNA. 2002) na solução de duas questões judiciais hipotéticas. Em uma delas você identificará um criminoso e em outra você descobrirá quem é o pai de uma criança.

Na folha seguinte estão representados os segmentos de DNA de cinco pessoas (P1-P5). Cada uma delas tem dois segmentos correspondentes a um par de cromossomos homólogos (Ca e Cb). As seqüências de bases dos cromossomos homólogos podem ser ligeiramente desiguais em função da diferença entre os alelos.

O primeiro passo para a análise do DNA é cortá-lo com uma enzima de restrição hipotética que, neste exemplo, reconhece a seqüência de dois pares de bases C-G adjacentes (dois C em uma cadeia e dois G na outra), lembre-se que há diferentes sítios de clivagem (**Quadro 1**). Localizem nos segmentos de DNA de cada pessoa, todas as seqüências de corte. Marque-as a lápis com um traço horizontal, de modo a separar um par C-G do par C-G adjacente.

O passo seguinte é organizar os fragmentos obtidos por ordem de tamanho. Para isso, conte o número de pares de bases de cada fragmento e complete o preenchimento da tabela abaixo. Cada coluna simula o padrão eletroforético de uma pessoa, onde os fragmentos de DNA se distribuem em faixas por ordem de tamanho. A título de exemplo a coluna correspondente ao padrão da pessoa P-5 já está preenchida.

Nome	Origem	Sequência de reconhecimento (5'→3')
<i>Bam</i> HI	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	G*GATCC
<i>Eco</i> RI	<i>Escherichia coli</i>	G*AATTC
<i>Hae</i> III	<i>Haemophilus aegyptius</i>	GG*CC
<i>Hind</i> III	<i>Haemophilus influenzae</i>	A*AGCTT
<i>Xba</i> I	<i>Xanthomonas badrii</i>	T*CTAGA

**Quadro 1:** Algumas enzimas de restrição e respectivas sequências de reconhecimento. As letras G, A, T e C significam, respectivamente, guanina, adenina, timina e citosina. O asterisco (\*) indica o local da sequência reconhecida onde a enzima “corta” o DNA. (MARQUES, M.A. MARQUES, L.M.2004)

No. de Pares de base por fragmento	-1	P-2	P-3	P-4	P-5
22					
21					
20					
19					
18					
17					
16					
15					
14					
13					
12					
11					
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					

A seguir responda:

**A. Quem é o criminoso?**

Restos de pele encontrados sob as unhas de uma pessoa assassinada foram submetidos ao teste de DNA, revelando o padrão eletroforético P-5. P-1, P-2 e P-3 suspeitas do crime, também foram submetidas ao teste de DNA. Qual delas é a provável culpada?

**B. Quem é o pai da criança?**

Dois homens, P-1 e P-2 disputam a paternidade de uma criança P-4, filha da mulher P-3. Com base no teste de DNA dos quatro implicados quem é o provável pai da criança?



## REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B. et al. *Biologia Molecular da Célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, reimpressão 2007.
- ALMEIDA, E. Teste de paternidade. LINCX Serviços de Saúde. Disponível em: <[http://www.lincx.com.br/lincx/saude\\_a\\_z/conheca\\_exames/teste\\_paternidade.asp](http://www.lincx.com.br/lincx/saude_a_z/conheca_exames/teste_paternidade.asp)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- AMAR, M.J. A; AMAR, A.M. O exame do DNA para investigação do vínculo genético. Centro de Investigação de Paternidade. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP007.htm](http://www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP007.htm)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- DNA mitocondrial. Brasil Escola. 2009. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/biologia/sintese-fragmentos-dna.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- ENZIMAS de restrição: As tesouras moleculares. .Só Biologia. 2008. Disponível em: <[www.sobiologia.com.br/.../enzimasderestricao.php](http://www.sobiologia.com.br/.../enzimasderestricao.php)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- EXAME do DNA. Diagenix Biotecnologia e Diagnóstico 2005. Disponível em: <<http://www.diagenix.com.br/>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- FARAH, S.B. DNA. Segredos & Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007.
- FERREIRA, D., Projeto Folhas.Genética.Disponível em: <[www8.pr.gov.br/portals/portal/projetofolhas/biologia2.doc](http://www8.pr.gov.br/portals/portal/projetofolhas/biologia2.doc)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- GAZETA DO POVO. PARANÁ. 2008. Disponível em: <<http://portal.rpc.com.br/gazetadopovo/mundo/conteudo.phtml?id=824416>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- GOVERNO do Estado do Espírito Santo. Rede de comunicação. 2008. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/site/noticias/show.aspx?noticiaId=99656158>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- JUNQUEIRA, L.C. CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- LASNEAUX, M.V. Engenharia Genética. 2008. Disponível em: <[lasneaux.blogspot.com/2008/05/engenharia-gent...](http://lasneaux.blogspot.com/2008/05/engenharia-gent...)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- MARQUES, M.A. MARQUES, L.M. Digestão, Separação Electroforética e Mapeamento do DNA do Fago Lambda. 2004. Disponível em: <<http://recombinacaodna.no.sapo.pt/>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- NEWSPEG.COM. Notícias primeira página, Saúde, Internacional, Economia, Tecnologia. Teste de DNA livra homem. 2008. Disponível em: <<http://pt.newspeg.com/-Teste-de-DNA-livra-homem-acusado-por-estupro-após-26-anos--15219576.html>>. Acesso em: 01 maio 2009.

PERFILNEWS. 2006. Disponível em: <<http://www.perfilnews.com.br/noticias/?id=132595>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

PINTO, G.H.F. Teste paternidade por análise de DNA. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/BIO240/TP113.htm>>. Acesso em: 01 maio 2009.

PINTO, G.H.F. Teste de paternidade por análise de DNA. 2002. <[www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP016.htm](http://www.ufv.br/dbg/trab2002/TESTEP/TDP016.htm)>. Acesso em: 01 maio 2009.

SÉZAR, S. SILVA JÚNIOR, C. Biologia: volume único. 4. ed. São Paulo: Saraiva 2007.

SILVA, R.V. Teste de paternidade por meio de DNA. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/BIO240/TP105.htm](http://www.ufv.br/dbg/BIO240/TP105.htm)>. Acesso em: 01 maio 2009.

SIMÕES, V. Teste de DNA | 23andMe. CIÊNCIA. 2008. Disponível em: <<http://tecnosh.com/noticias-ciencia/teste-de-dna-23andme/>>. Acesso em 20 abr. 2009.

TORTORA, G.J. FUNKE, B.R. CASE C.L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

X23andMe. Genetics just got personal. 2009. Disponível em: <<https://www.23andme.com/>>. Acesso em 20 abr. 2009.

## **APÊNDICE H - Tema 8: Bactérias e Fungos**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

### **Tema 8: Bactérias e Fungos**

Como vimos a Biotecnologia consiste no uso de sistemas celulares para desenvolvimento de processos e produtos de interesse econômico ou social. Entre os sistemas celulares, os fungos e bactérias são os seres vivos que mais oferecem recursos microbiológicos para Biotecnologia tendo contribuído com produtos e processos de importância fundamental para o bem-estar da população.

#### **Bactérias**

Bactérias são os seres vivos mais abundantes no nosso planeta e são chamados de microrganismos, uma vez que se referem os seres invisíveis a olho nu.

As bactérias, também são os seres mais antigos da Terra e também os mais numerosos. Elas estão por toda parte: no solo, na água, no ar, na poeira, em fontes termais, materiais em decomposição, fora e dentro de quase todos os seres vivos. São seres simples, constituídos de uma célula só, portanto são unicelulares. Esta célula é resistente, possuindo uma parede celular protetora na maior parte das espécies. Logo abaixo da parede celular, encontra-se a membrana plasmática, que separa o conteúdo da célula do meio exterior.

As bactérias possuem diversos formatos como bastões (bacilos), bolas (cocos), saca-rolhas e outros (vibrião, espirilo). Reproduzem-se muito rápido geralmente por uma divisão simples (cissiparidade) a partir de uma única célula origina indivíduos geneticamente iguais, os clones. que pode acontecer, dependendo do tipo de bactéria, a cada 20 minutos. Para se ter uma idéia, a partir de uma única bactéria pode-se chegar a cinco bilhões delas após 12 horas de cultivo. Em algumas espécies podem ocorrer processos sexuais como a conjugação, em que duas células se unem por uma fina ponte citoplasmática onde ocorre a troca de material genético (DNA), resultando em maior variabilidade genética (**Figura 1**).

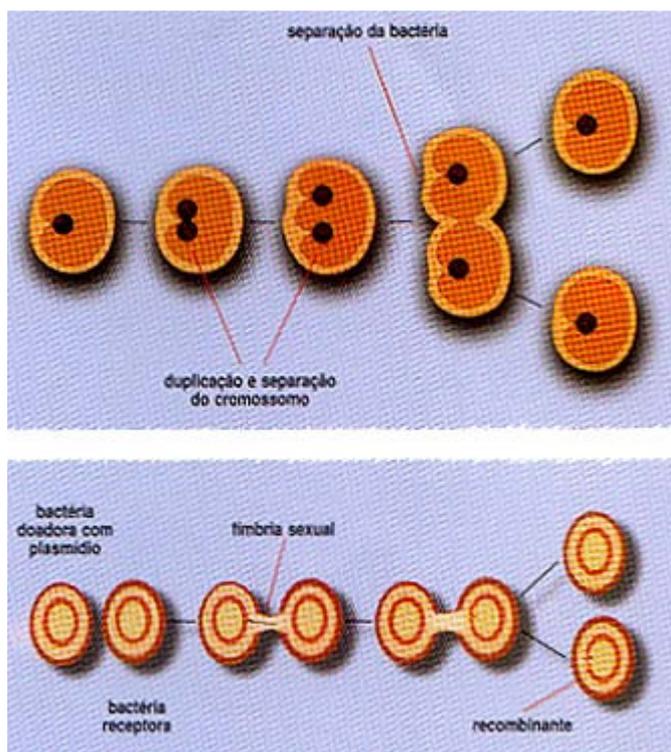
As bactérias não possuem núcleo (procariotos) e apresenta o seu material genético compactado e enovelado numa região do citoplasma chamada nucleóide, elas possuem os plasmídeos: elementos genéticos independentes encontrados em células bacterianas (**Figura 2**).

#### **SAIBA:**

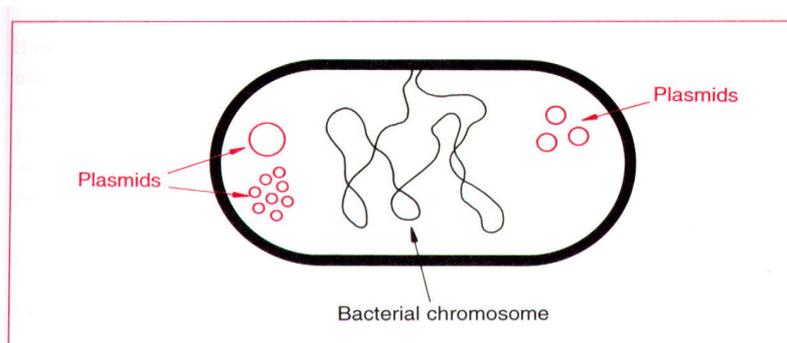
-Todas as células guardam sua informação hereditária em um mesmo código químico linear (DNA).

-Uma célula viva pode existir com menos de 500 genes. (*Mycoplasma genitalium*).

-A maioria das Bactérias tem entre 1000 a 4000 genes.



**Figura 1:** Reprodução assexual, por cissiparidade, e a recombinação na reprodução sexual. (Sobiologia. 2008).



**Figura 2:** Plasmídeos bacterianos (Sinogas, C. 1998).

A maioria das bactérias não causa doenças nos seres humanos. Somente um pequeno grupo de bactérias é o agente etiológico de doenças, como a hanseníase, a pneumonia, o tifo, a peste bubônica, alguns tipos de tuberculose, alguns tipos de diarreia, o cólera entre outras.

Algumas bactérias podem também fazer fotossíntese, respirar oxigênio ou mesmo sobreviver sem ele.

### Plasmídeo bacteriano

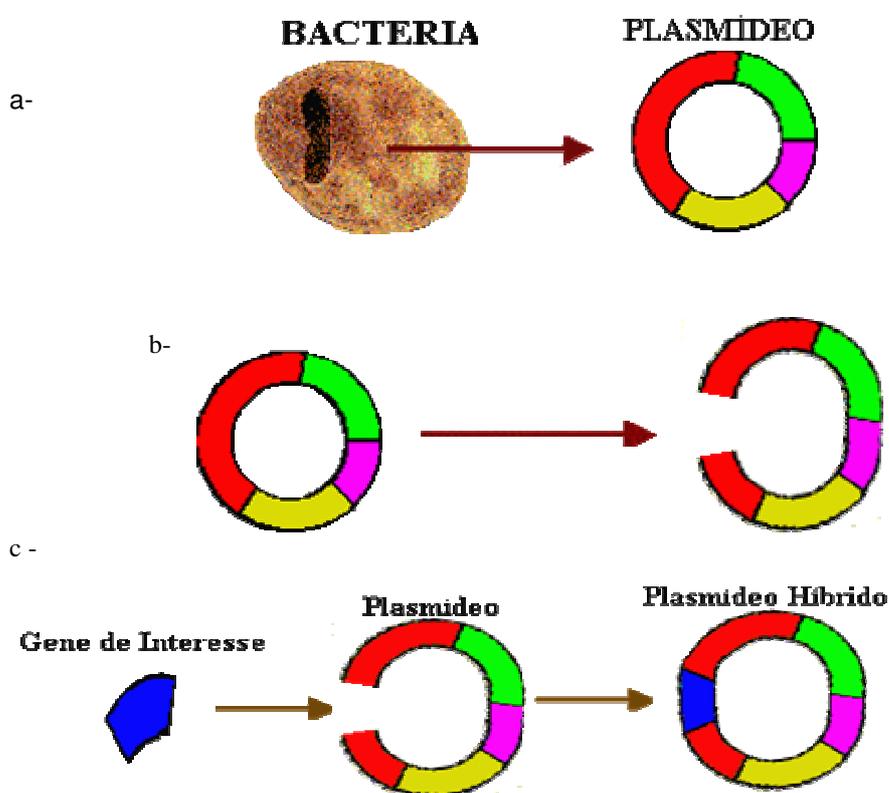
Além do cromossoma bacteriano, as bactérias com frequência apresentam pequenas moléculas de DNA de dupla fita, circulares que são denominadas de plasmídeos (**Figura 3**). Essas moléculas não estão conectadas ao DNA cromossômico e se replicam independente dele.

Os plasmídeos apresentam cerca de 5 a 100 genes que geralmente não são fundamentais para a sobrevivência da bactéria e podem até serem ganhos ou perdidos sem danificar a célula. Entretanto, sob certas condições os plasmídeos são vantajosos para as bactérias, pois podem transportar genes para atividade como resistência aos antibióticos, tolerância a metais tóxicos, produção de toxinas e síntese de enzimas. Desta forma, o DNA dos plasmídeos é uma importante ferramenta usada para a manipulação genética em Biotecnologia.

As bactérias, em particular a *Escherichia coli*, constituem um dos principais materiais biológicos empregados na Biotecnologia, como se fosse fábricas do DNA Recombinante. Isto se deve a vários fatores:

- ciclo de vida rápido em relação aos organismos superiores.
- cultivo de um grande número de indivíduos em um espaço pequeno
- apresenta menor número de genes em relação aos organismos superiores
- divisão celular por fissão binária.
- presença de plasmídeos - DNA extracromossômico capaz de se replicar independentemente da replicação cromossomal.
- Resistência a antibióticos.
- Produção de toxinas.
- Conjugação (transmissão de material genético entre as bactérias).
- Origem de replicação própria.

Os métodos modernos da Biotecnologia vão utilizar as bactérias de forma a isolar e manipular genes específicos de interesse econômico, como os que conferem resistência a pragas, a doença e a herbicidas, tolerância a condições agressivas ou que agregam valores socioeconômicos.



**Figura 3:** a-plasmídeo do interior da bactéria. b- Utiliza-se um enzima de restrição para "cortar" o plasmídeo. c- Formação do plasmídeo recombinante (OLIVEIRA, E.C.S . Plasmídeos)

**PARA LER E OBSERVAR!**

Como vimos microorganismos são seres vivos de dimensões tão pequenas que em geral só podem ser vistos com o auxílio de microscópios. Na sua maioria pertencem ao reino das bactérias e dos fungos bem diferentes dos animais e das plantas. Os microorganismos fazem parte do nosso dia-a-dia, embora em geral não os vejamos, eles estão sempre presentes e os “resultados da sua ação” são bastante palpáveis. Vamos analisar algumas embalagens de iogurte.

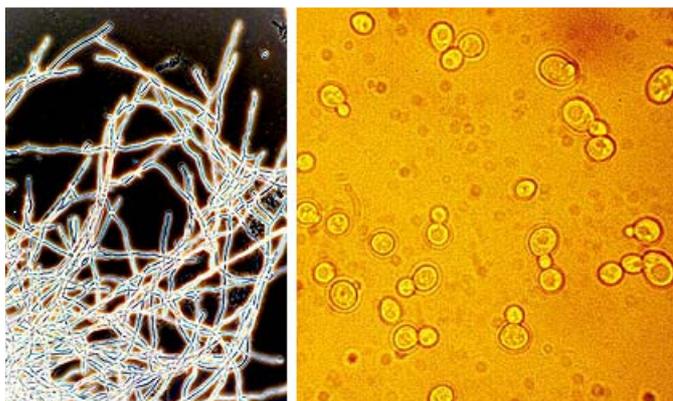
O que indicam as informações contidas nestas embalagens?

O consumo de alimentos contendo bactérias, particularmente de certas espécies de Bifidobacteria e Lactobacilli, podem ajudar a equilibrar a flora, aumentando o número de bactérias úteis, e reduzindo (inibindo o crescimento) de bactérias danosas no intestino. O consumo de probióticos pode modificar a resposta imune dos intestinos e aumentar a função inibidora. Por exemplo, espécies específicas de probióticos podem diminuir ou reduzir o risco de certas infecções, particularmente aquelas do trato gastrintestinal, tais como viroses intestinais. Mais recentemente, os probióticos demonstraram modular/ ajustar a atividade do sistema imune, ajudando a controlar ou reduzir o desenvolvimento de certas alergias.

## FUNGOS e produção de alimentos.

O nome fungo é empregado para denominar organismos vivos eucariotos, cujas células possuem núcleo definido e o DNA circundado por uma membrana nuclear. Podem ser unicelulares ou multicelulares, como os cogumelos, não possuem clorofila e não produzem seu próprio alimento. As formas unicelulares dos fungos são microrganismos maiores que as bactérias denominadas de leveduras ou fermentos. Os fungos mais típicos são os bolores que forma uma massa com filamentos que se ramificam. (**Figura 4**).

Os fungos vivem em diversos ambientes e substratos de origem animal e vegetal, obtendo seus alimentos absorvendo matéria orgânica de seu ambiente. São organismos fundamentais ao equilíbrio da natureza, pois participam da decomposição da matéria orgânica.



**Figura 4:** O *T. reesei* (esq.) é um fungo filamentosso multicelular que degrada celulose; A *S. cerevisiae* (dir.) é um fungo unicelular que produz álcool em meios ricos em glicose. (Marques, F.2001)

Uma outra importância desses seres vivos é destacada também pelo grande impacto que causam na economia de todo o mundo, a partir de suas associações com a agricultura, indústria e medicina.

Diversas espécies de fungos são capazes de produzir substâncias úteis: os antibióticos, por exemplo, a penicilina, que salvou muitas vidas, extraído a partir do fungo *Penicillium chrysogenum*; o ácido cítrico empregado na fabricação de geléias, agentes de fermentação como a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o popular fermento-de-padaria são amplamente usados na fabricação de pães, queijos, vinhos e cervejas.

Entretanto, diversos tipos de fungos são parasitos e causam doenças, como as micoses e também sérios prejuízos na agricultura.

Há fungos microscópicos e outros bem maiores como os grandes cogumelos. O fungo *Armillaria ostoyae* chega a medir quilômetros de comprimento. Considerado possivelmente o maior ser vivo, ele vive no subsolo e é produto da fusão sexual de incontáveis filamentos, os micélios.

Alguns microfungos podem contaminar sementes e produzir toxinas, que podem causar intoxicações severas com efeitos cancerígenos ao homem e animais quando na ingestão de alimentos e rações contaminados. O caso mais conhecido é o do amendoim contaminado por *Aspergillus flavus*, produtor de aflatoxinas que podem afetar o fígado.

Hoje, é reconhecida a importância de se limpar adequadamente os filtros de ar condicionados de residências, hospitais, shoppings entre outros, devido ao acúmulo de esporos de fungos presentes no ar e que provocam as alergias ou até fungemias (presença de fungos na corrente sanguínea).

### Vírus-Genes móveis

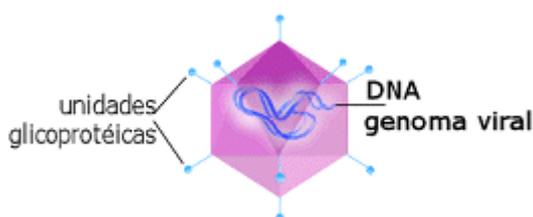
São entidades parasitas formadas por um único tipo de ácido nucléico (DNA ou RNA) envolvido por uma cápsula protéica (**Figura 5**).

Toda célula se origina de outra célula, o que não ocorre com o vírus, que somente se reproduzem através da maquinaria celular de outros organismos. Dessa forma, os vírus são considerados vivos quando se encontram no processo de multiplicação dentro das células que infetam.

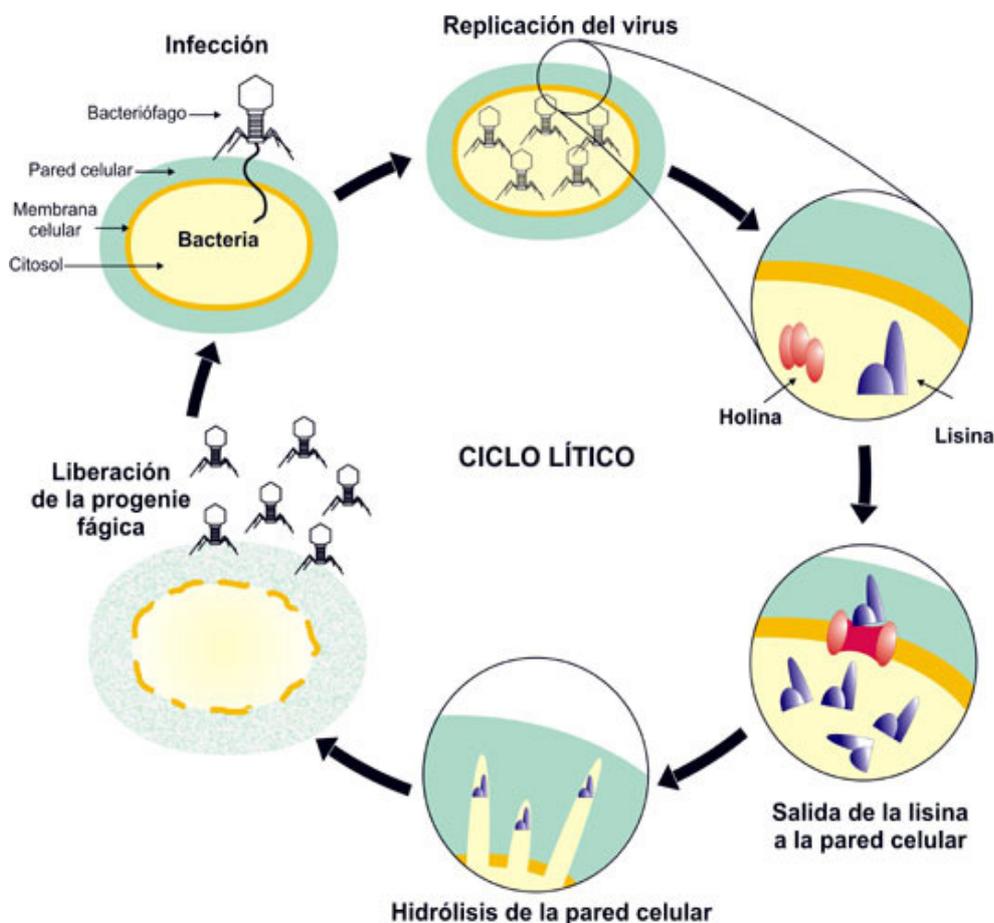
As modernas biotecnologias incluem em grande medida o uso de agentes antivirais, vacinas e vetores de material genético na obtenção de organismo transgênicos.

Os bacteriófagos são vírus que parasitam bactérias; pois atacam a bactéria *Escherichia coli*, comum no intestino humano (**Figura 6**).

Além do um interesse científico, as doenças causadas por vírus contribuem de forma significativa para a morbidade e mortalidade no processo saúde-doença de muitas espécies e largo impacto em muitas das atividades econômicas e industrializadas da sociedade atual.



**Figura 5:** Vírus com a cápsula protéica e o DNA. (Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC. 2002).



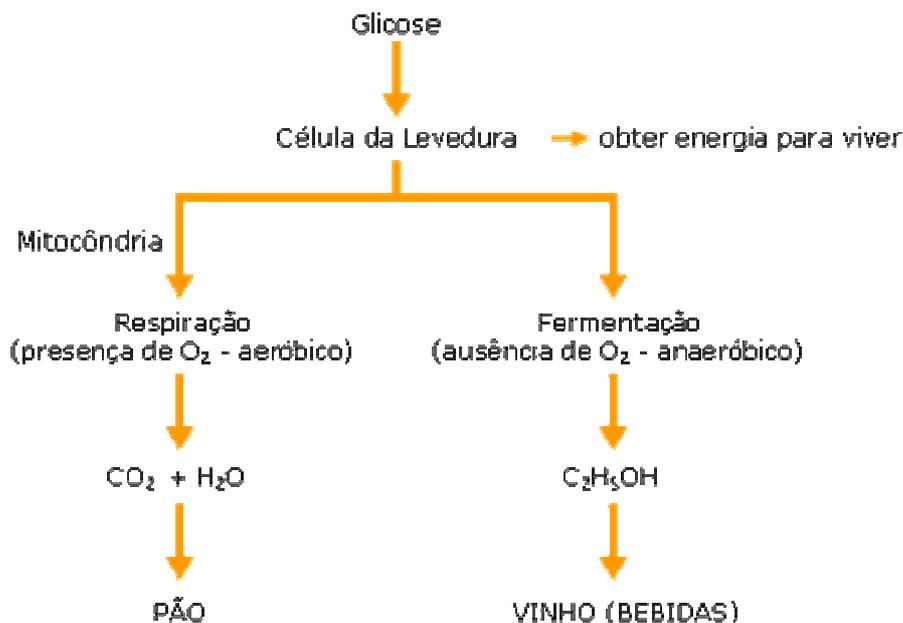
**Figura 6:** Esquema do ciclo lítico dos bacteriófagos (HERMOSO, J.A.2008).

## Fungos e produção alimentos, bebidas e medicamentos.

Muitas espécies de cogumelos são utilizadas na alimentação. As leveduras participam da preparação de alimentos e bebidas fermentados. Através da fermentação do açúcar os fungos obtêm sua energia, liberando gás carbônico e álcool etílico (**Figura 7**). A fabricação do pão utiliza as pequenas bolhas desse gás para tornar a massa leve e macia.

A produção de bebidas depende do tipo de fungos e material utilizado, por exemplo, na produção de cerveja é fermentado a cevada, no vinho o suco de uva.

Certos fungos participam da produção de queijos e outros são utilizados na produção de medicamentos como antibióticos.



**Figura 7:** Esquema da fermentação do pão e vinho. (BRIDER, I.2009).

### **Aula prática: Fermentação e a produção do pão.**

O pão é um alimento elaborado geralmente através da fermentação da farinha de trigo ou outro cereal, água e sal, formando uma massa com uma consistência elástica que permite dar-lhe várias formas. A esta mistura básica podem acrescentar-se vários ingredientes, desde gordura a especiarias, frutas secas ou frutas cristalizadas, entre outras.

A fermentação é uma transformação química responsável pela produção de vários produtos que consumimos diariamente. Pode-se citar o pão, o iogurte, a cerveja, o vinho, o vinagre, o álcool e vários outros. Para que a fermentação ocorra, é indispensável a presença de um "fermento", que pode ser uma bactéria, um mofo ou uma levedura. Para o pão utilizamos o conhecido "fermento biológico" cientificamente chamado de *Saccharomyces cerevisiae*.

Aspectos Químicos da Fermentação do Pão: A levedura tem duas funções:

- Favorecer maturação da massa;
- Produzir gás para aerar a massa e o pão.

O mecanismo de produção de gás consiste na transformação do açúcar em gás carbônico e álcool.

Esta produção depende da presença da levedura na massa e da quantidade de substrato (açúcares fermentáveis) que a farinha contém.

A levedura tem duas funções:

- Favorecer maturação da massa;
- Produzir gás para aerar a massa e o pão.

Sabendo quais as etapas da fermentação, como ela ocorre e quais os fatores que influenciam o seu desenvolvimento, poderemos realizar um experimento que, irá simular a fabricação do pão..

### **MATERIAL NECESSÁRIO**

- 1 pacote de farinha de trigo
- açúcar
- 1 litro de leite
- tabletes de fermento biológico
- Sal
- Vasilhames plásticos
- copos descartáveis
- Caneta pincel

### **PROCEDIMENTO**

1. Colocar aproximadamente 100ml de farinha no copo plástico rotulado “FARINHA”.
  2. Colocar 100ml de leite no copo plástico rotulado “LEITE”.
- Observação: o leite não pode estar gelado, pois a baixa temperatura pode danificar o fermento.
3. Na cuba de plástico limpa e seca, esfarelar manualmente 1 tablete de fermento biológico.
  4. Acrescentar 1 colher de sopa rasa de açúcar.
  5. Com a colher, amassar e misturar o fermento com o açúcar até a produção de uma massa líquida com consistência de calda.
  6. Acrescentar os 100ml de leite e mexer de forma suave com a colher.
  7. Acrescentar aos poucos a farinha e mexer suavemente de forma contínua.
  8. Quando toda farinha tiver acabado, marcar com a caneta no vasilhame, o nível da massa.
  9. Deixar a massa repousar cerca de 15 minutos.

**OBSERVAÇÃO**

Durante os 15 minutos, iremos discutir aspectos químicos da fermentação biológica. Após esse período, observar o que ocorreu com a massa e responder as seguintes questões:

- a. Descreva o que ocorreu com a massa durante a atividade.
- b. Elabore alguma hipótese para explicar porque ocorreu o fenômeno que você descreveu na questão anterior.
- c. Para que a fermentação dos pães, pizzas e esfihas ocorram, os fungos (leveduras) produzem gás carbônico e álcool.

Quando essa massa vai ao forno, o que acontece com:

- as leveduras?
- o gás carbônico?
- o álcool?

## REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B. et al. *Biologia Molecular da Célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, reimpressão 2007.
- AMABIS, J.M. MARTHO, G.R. *Biologia dos organismos*. v.2. São Paulo. Moderna, 2004.
- BIEDRZYCKI, A.; NITZKE, J.A. *Como Fazer Pão*, ICTA/UFRGS. 2005. Disponível em: <[www.ufrgs.br/Alimentus/pao/experimentos/exp5.htm](http://www.ufrgs.br/Alimentus/pao/experimentos/exp5.htm)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- BRIDER, I. *Pensando em transformação... com arte, prazer e sabedoria*. 2009. Disponível em : <[www.educacaopublica.rj.gov.br/suavoz/0013.html](http://www.educacaopublica.rj.gov.br/suavoz/0013.html)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- FARAH, S.B. *DNA. Segredos e Mistérios*. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007
- FERMENTAÇÃO: A ciência na massa de pão. Oficina - Microbiologia Democrática. Colégio Dante Alighieri. Disponível em: <<http://sistemas.colegiodante.com.br/microbiologia/apostila.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- GATTI, M. *Espionando o mundo dos fungos*. Ministério da Saúde. Fiocruz. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=104&sid=2>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- HERMOSO, J.A. *Las enzimas líticas de los bacteriófagos (Enzibióticos): nuevas terapias contra las infecciones bacterianas*. madri+d.2008. Disponível em : <[www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/not...](http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/not...)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- JUNQUEIRA, L.C. CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- MARQUES, F. *Microbiologia. Fungo poderia sintetizar álcool a partir de celulose*. *Ciência Hoje On-line*. 2001. Disponível em: <[cienciahoje.uol.com.br/3627](http://cienciahoje.uol.com.br/3627)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- MENDES, D., MOREIRA, C. *Engenharia Genética - Clonagem de DNAs em Bactérias*. Universidade de Évora. 1998. Disponível em: <[www.dbio.uevora.pt/.../Vectores/vectores.html](http://www.dbio.uevora.pt/.../Vectores/vectores.html)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- OLIVEIRA, E.C.S. *Plasmídeos - Imunidade e controle de doenças*. Disponível em: <[pwp.netcabo.pt/sistema.imune/Plasmideos.htm](http://pwp.netcabo.pt/sistema.imune/Plasmideos.htm)>. Acesso em: 01 maio 2009.
- OLIVEIRA, M. *Espionando: Bactérias*. Ministério da Saúde. Fiocruz. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=2&inoid=84>>. Acesso em: 01 maio 2009.
- SÉZAR, S. SILVA JÚNIOR, C. *Biologia: volume único*. 4. ed. São Paulo: Saraiva 2007.
- SOBIOLOGIA. *Onde são encontrados os moneras?* 2008. Disponível em: <[www.sobiologia.com.br/.../Reinos/monera2.php](http://www.sobiologia.com.br/.../Reinos/monera2.php)>. Acesso em: 01 maio 2009.

TORTORA, G.J. FUNKE, B.R. CASE C.L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

VÍRUS, hackers do código genético. Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC. Ano 4.2002. Disponível em: <[www.qmc.ufsc.br/.../virus\\_container/virus.html](http://www.qmc.ufsc.br/.../virus_container/virus.html)>. Acesso em: 01 maio 2009.

## **APÊNDICE I - Tema 9: Transgênicos e Bioética**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para Ensino Médio**

**Tema 9: Transgênicos e Bioética**

Vamos ver alguns conceitos, ferramentas e ética da Biotecnologia:

**BIOÉTICA segundo alguns autores:**

De acordo com FARAH (2007), a Bioética é um campo interdisciplinar que estuda as implicações da pesquisa biológica e seu impacto potencial na sociedade.

A Bioética contribui para que a condução da investigação científica oriente-se por princípios e valores universais dos direitos humanos. (BIOÉTICA, 2005)

Bioética é uma reflexão compartilhada, complexa e interdisciplinar sobre a adequação das ações que envolvem a vida e o viver. (GOLDIM, 2006)

Para AZEVEDO (1998) o estudo da Bioética é uma área nova e complexa de saber, em que a simples justaposição de conhecimentos de antropologia filosófica, biologia, genética, ética, filosofia e direito sem que os professores percebam a interdependência conceitual entre estas disciplinas, sua unidade conceitual e conheçam a especificidade de seus conteúdos, jamais resultará em ensino eficaz.

**Vamos pensar:** O que é Bioética para você?

## Mais um pouco sobre BIOÉTICA

Entende-se por Bioética a Ética nas ciências da vida, da saúde e meio ambiente, implicando em opções com reflexão crítica sobre valores.

Vejam alguns temas muito discutidos em Bioética: Eutanásia, aborto, pena de morte, reprodução assistida, Manipulação gênica (clonagem, transgênicos), células tronco, transplante de órgãos, meio ambiente entre outros.

O entendimento do que é Bioética, a sua interpretação e a sua utilização no dia a dia, é importante para a formação dos jovens estudantes do Ensino Médio, que por suas características naturais, são formadores de opiniões e disseminadores de informações e que poderão levar aos seus familiares, seus amigos, enfim a toda a sociedade, informações importantes e relevantes a respeito da importância do que é Bioética e como ela está presente no nosso dia a dia. A Educação Ambiental, por sua vez também é uma ferramenta de mudanças nas relações do homem com o ambiente, surgindo como resposta à preocupação da sociedade com o futuro da vida.

Assim, bioética é o ramo da ética aplicada que discute os avanços da biomedicina e da biotecnologia e o impacto destas sob o homem. Todas as questões referentes à vida humana, à qualidade à saúde e ao respeito pelo ser humano são discussões pertinentes a esta ciência.

Veja agora alguns noticiários:

### Ciência do Dia: Palhaçada amazônica

Marcelo Leite - Folha de São Paulo -22/05/05

**‘A taxa de desmatamento da Amazônia anunciada quarta-feira, de mais de 26 mil km<sup>2</sup>, é um escândalo. Esse número sombrio deveria cobrir de vergonha qualquer cidadão com um vestígio que seja de apreço por civilização. Tudo indica que há cada vez menos pessoas com tal virtude na administração ... ‘**

Em debate os transgênicos: solução ou fonte de problemas?

IMMACULADA LOPEZ - portal SESC (2001)

*A discussão sobre os alimentos geneticamente modificados está longe de alcançar consenso. Enquanto para alguns a nova tecnologia é uma certeza de desenvolvimento, para outros muito ainda deve ser esclarecido sobre os reais impactos na saúde da população, no meio ambiente de cada país e também na economia.*

### **REVISTA ÂMBITO JURÍDICO** **Biotecnologia e Bioética**

São muitos os questionamentos que a bioética traz a baila. Em todos os dilemas apresentados ainda não existe legislação específica que possa estar amenizando os conflitos gerados. A cada avanço da biotecnologia os dilemas são apresentados de forma inusitada e cabe aos operadores do direito uma sensibilização para que a luz da bioética as situações apresentadas possam ser solucionadas buscando a justiça de forma igualitária e preservando sempre a dignidade humana.

## **Implicações éticas – BIOTECNOLOGIA**

O desenvolvimento e a aplicação de conhecimentos das ciências da vida e da biotecnologia colocam questões éticas fundamentais, como a definição e a natureza do ser humano ou a utilização e o controle das informações genéticas.

Por outro lado, as ciências da vida e a biotecnologia suscitaram um grande interesse na população e deram lugar a um debate importante. Este debate deveria ser aberto, aprofundado, bem informado e estruturado, a fim de permitir uma melhor informação e uma compreensão mútua. Por conseguinte, a promoção da informação e do diálogo é de importância crucial, a fim de ajudar a população e as partes interessadas a compreender e apreciar melhor estas questões complexas e a desenvolver métodos e critérios para a avaliação dos benefícios relativamente aos inconvenientes ou riscos.

E é no casamento entre biologia e tecnologia que nasce a biotecnologia, e com ela se abre um mundo de novas possibilidades. E também a esperança de que todas as nossas mazelas terão um fim. E assim, como uma nova tecnologia que é introduzida em nossa sociedade, a biotecnologia também abre um novo espectro repleto de questões éticas e dilemas de ordem social ainda por serem resolvidas.

**Agora vamos falar de algumas questões éticas relacionadas à biotecnologia.**

## **Alguns conceitos na área de Biotecnologia.**

### **Engenharia genética:**

Tecnologia que faz isolamento de genes para transferir a outras células ou organismos, permitindo a identificação, manipulação e multiplicação do material genético, introduzindo ou eliminando genes de interesse. Genes "estranhos" a bactéria, por exemplo, podem ser incorporados aos seus plasmídeos, e assim, tais bactérias passam a produzir as proteínas que esses genes codificam.

A engenharia genética possibilita:

- mapear o sequenciamento do genoma das espécies animais, incluindo o ser humano (Genoma Humano) e dos vegetais;
- a criação de seres clonados (copiados);
- desenvolver a terapia genética;
- produzir seres transgênicos.

No Brasil o controle legal da engenharia genética está previsto no art. 225, §1º, II da Constituição Federal, que trata da preservação e manipulação do patrimônio genético.

O patrimônio genético poderá estar comprometido se não houver por parte da engenharia genética uma utilização consciente, fundamentada em princípios legais e éticos. Por isso a comunidade científica, o Poder Público e os cidadãos conscientes devem ficar atentos e fiscalizar a aplicação das novas técnicas da engenharia genética, seus resultados, produtos e impacto ambiental.

### **Tecnologia do DNA Recombinante**

Em Engenharia Genética a expressão DNA recombinante designa a molécula de DNA obtido a partir de segmentos de diferentes origens. Às vezes, o DNA provém de dois organismos diferentes, como é o caso do gene para insulina ligado ao DNA da bactéria.

O DNA recombinante é uma molécula híbrida obtida pela união de DNAs de fontes biologicamente diferentes. Esses segmentos de DNAs de organismos diferentes são cortados pela mesma enzima de restrição e unidos pela enzima DNA ligase.

### **Clonagem molecular**

A clonagem é um mecanismo comum de propagação da espécie em plantas ou bactérias. De acordo com Webber (1903) um clone é definido como uma população de moléculas, células ou organismos que se originaram de uma única célula e que são idênticas à célula original e entre elas. Em humanos, os clones naturais são os gêmeos idênticos que se originam da divisão de um óvulo fertilizado. A grande revolução da Dolly, que abriu caminho para possibilidade de clonagem humana, foi a demonstração, pela primeira vez, de que era possível clonar um mamífero, isto é, produzir uma cópia geneticamente idêntica, a partir de uma célula somática diferenciada. **(Figura 1)**

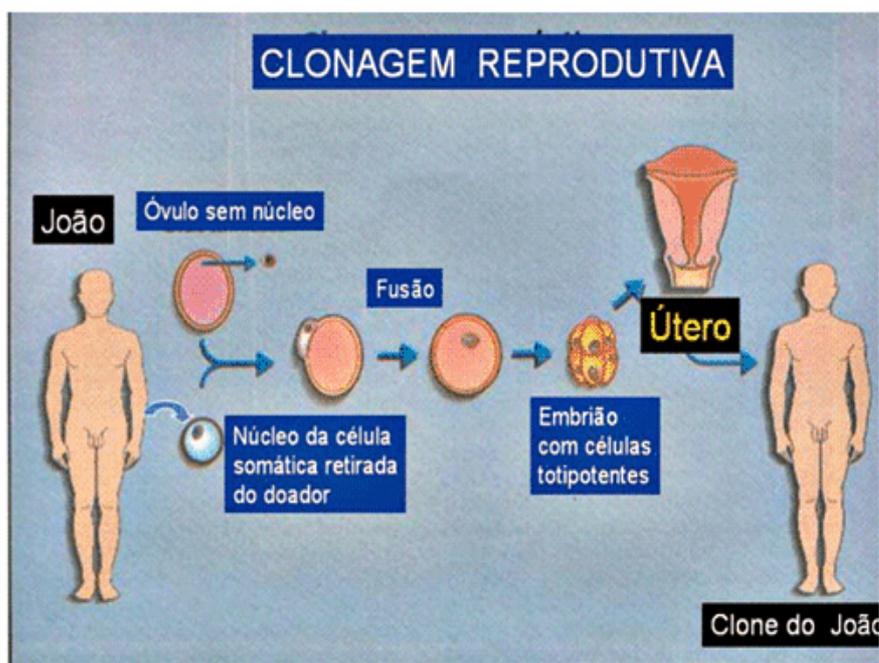


Figura 1: Clonagem humana (ZATZ. M.2004).

Se em vez de ocorrer a implantação em um útero, um óvulo cujo núcleo foi substituído por um de uma célula somática e deixar que ele se divida no laboratório terá a possibilidade de usar estas células - que na fase de blastocisto são pluripotentes - para fabricar diferentes tecidos na chamada clonagem terapêutica (**Figura 2**).

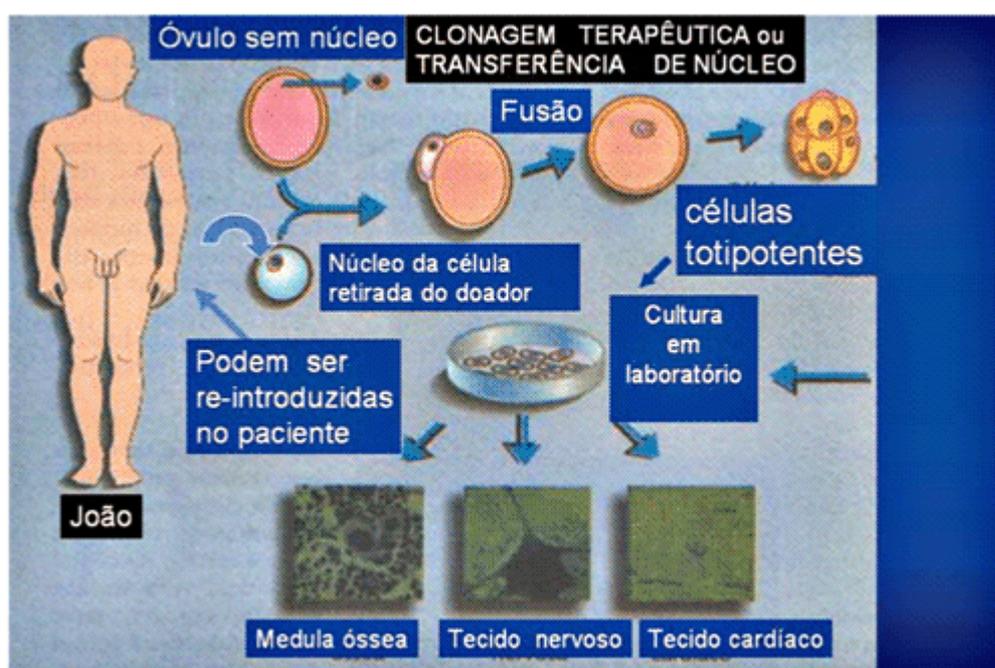


Figura 2: Clonagem terapêutica (ZATZ. M.2004).

## Células-tronco

Células-tronco são células indiferenciadas que não possuem uma função determinada, capazes de se transformar em diferentes tecidos que constituem o corpo humano.

Elas podem ser de dois tipos:

- Células-tronco embrionárias: são aquelas retiradas do animal ainda na fase do embrião, pois suas células têm uma enorme capacidade de se transformar em qualquer outro tipo de célula. As pesquisas genéticas com estes tipos de células ainda encontram-se em processo de testes. (**Figura 3**)

- Células-tronco adultas: podem ser encontradas em várias partes do corpo humano. São muito utilizadas para fins medicinais as células de cordão umbilical, da placenta e medula óssea. Extraídas do próprio paciente, oferecem pequenos riscos de rejeição nos tratamentos médicos, porém a capacidade de transformação é mais reduzida.

Geneticistas acreditam que no futuro próximo as células-tronco possam ser usadas na cura de diversas doenças como, por exemplo, leucemia, mal de Alzheimer, doença de Parkinson e até diabetes. Usando o método da clonagem terapêutica, várias lesões e enfermidades degenerativas seriam solucionadas. Músculos, tecidos, nervos e até mesmo órgãos poderão ser, em breve, reconstituídos com a aplicação deste tipo de tratamento, combatendo diversas doenças crônicas.

Os estudos genéticos e os tratamentos com células-tronco recebem fortes objeções de diversos setores da sociedade, principalmente dos religiosos. Por considerarem os embriões como sendo uma vida em formação, religiosos conservadores defendem que manipular ou inutilizar embriões de seres humanos constitui um assassinato. Em nações mais conservadoras, as experiências estão paradas ou reduzidas à utilização das células adultas.



**Figura3:** Células troncos embrionárias. (ZATZ. M.2004)

## Transgênicos

Os transgênicos resultam de experimentos da engenharia genética no qual o material genético é movido de um organismo a outro, visando a obtenção de características específicas. Em programas tradicionais de cruzamentos, espécies diferentes não se cruzam entre si. Com essas técnicas transgênicas, materiais gênicos de espécies divergentes podem ser incorporados por uma outra espécie de modo eficaz.

O organismo transgênico apresenta características impossíveis de serem obtidas por técnicas de cruzamento tradicionais. Por exemplo, genes produtores de insulina humana podem ser transfectados em bactérias *Escherichia coli*. Essa bactéria passa a produzir grandes quantidades de insulina humana que pode ser utilizada com fins medicinais.

Os Transgênicos ou Organismos Geneticamente Modificados Transgênicos (OGM-T) são criados em laboratório com técnicas da Engenharia Genética. O processo consiste na transferência de um gene responsável por determinada característica em um organismo para outro organismo no qual se pretende incorporar esta característica, mudando a forma e manipulando sua estrutura natural. Não há limite para esta técnica e é possível criar combinações nunca imaginadas como animais com plantas e bactérias

Há quem diga que introduzir genes novos em plantas vai revolucionar a agricultura e salvar o mundo da fome. Para outros, a aplicação da engenharia genética pode criar novos problemas de saúde e destruir o equilíbrio da natureza. Tais produtos geraram uma grande e forte polêmica acerca do seu cultivo e consumo, pois não se sabe ao certo o que tais produtos provocam no organismo humano e na natureza. Essas polêmicas têm origem econômica uma vez que países de primeiro mundo rejeitam fortemente tais alimentos, como a Europa ocidental e o Japão.

Em 2005, 56% da soja, 30% do algodão e 20% do milho mundial eram transgênicos. As vantagens é que são resistentes a insetos e pragas, se adaptam à diferentes climas, são mais produtivos e incorporam substâncias que auxiliam no combate à obesidade, ao colesterol alto e outros. Essas vantagens não são suficientes para convencerem a população que protesta contra estes alimentos. Os protestos aumentaram quando surgiram suspeitas de que esses produtos poderiam causar doenças como o câncer, alergia, além de aumentar a resistência contra agrotóxicos e antibióticos; podem também empobrecem a biodiversidade e eliminam abelhas, minhocas e outros animais, além de espécies de plantas, também desenvolvem ervas daninhas resistentes.

O Brasil é o terceiro maior produtor de transgênicos do mundo, perdendo somente para os Estados Unidos e para a Argentina, mas ainda adota posições cautelosas quanto a liberar ou não o cultivo de tais produtos.

## Os Alimentos Transgênicos na Qualidade de Vida

A alteração genética é feita para tornar plantas e animais mais resistentes e, com isso, aumentar a produtividade de plantações e criações. A utilização das técnicas transgênicas permite a alteração da bioquímica e do próprio balanço hormonal do organismo transgênico. Hoje muitos criadores de animais, por exemplo, dispõem de raças maiores e mais resistentes às doenças graças a essas técnicas.

Os transgênicos já são utilizados inclusive no Brasil. Mas ainda não existem pesquisas apropriadas para avaliar as conseqüências de sua utilização para a saúde humana e para o meio ambiente.

A resistência a agrotóxicos pode levar ao aumento das doses de pesticidas aplicadas nas plantações. As pragas que se alimentam da planta transgênica também podem adquirir resistência ao pesticida. Para combatê-las seriam usadas doses ainda maior de veneno,

provocando uma reação em cadeia desastrosa para o meio ambiente (maior quantidade de poluição nos rios e solos) e para a saúde dos consumidores.

Uma vez introduzida uma planta transgênica é irreversível, pois a propagação da mesma é incontrolável e não se pode prever as alterações no ecossistema que isso pode acarretar.

### **A Utilidade dos Produtos Transgênicos**

Atualmente as técnicas de utilização de transgenes vêm sendo amplamente difundidas. Assim um número crescente de plantas tolerantes a herbicidas e a determinadas pragas tem sido encontradas. O problema é que as plantas transgênicas são iguais ao alimento natural, o que é injusto, pois o consumidor não sabe que tipo de alimento está consumindo.

Uma nova variedade de algodão, por exemplo, foi desenvolvido a partir da utilização de um gene oriundo da bactéria *Bacillus thuringensis*, que produz uma proteína extremamente tóxica a certos insetos e vermes, mas não a animais e ao homem. Essa planta transgênica ajudou na redução do uso de pesticidas químicos na produção de algodão.

Tecnologias com uso de transgenes vêm sendo utilizadas também para alterar importantes características agrônomicas das plantas: o valor nutricional, teor de óleo e até mesmo o fotoperíodo (número de horas mínimo que uma planta deve estar em contato com a luz para florescer).

Com técnicas similares àquela da produção de insulina humana em bactérias, muitos produtos com utilidade biofarmacêuticas podem ser produzidos nesses animais e plantas transgênicas. Por exemplo, pesquisadores desenvolveram vacas e ovelhas que produzem quantidade considerável de medicamentos em seus leites. O custo dessas drogas é muito menor do que os produzidos pelas técnicas convencionais.

### **Transgênicos do dia-a-dia?**

Quem gosta de chocolate ou salsicha provavelmente já ingeriu algum alimento transgênico sem saber. Alguns chocolates famosos produzidos na Itália ou na Argentina incluem segundo estudo do grupo ambientalista Greenpeace, componentes transgênicos. Na lista de produtos testados, onde foram detectados soja, arroz e milho transgênicos, (cujos derivados são usados em diversos tipos de alimentos) estão: salsichas, hambúrguer, salgadinhos, batatas-fritas, mistura para bolo, leite de soja para lactentes achocolatados, cereal para dieta, macarrão instantâneo e mistura para sopa.

Outros alimentos, segundo a mesma organização não governamental, como batatas, bananas, tomates ou ainda cereais matinais, óleos, condimentos como o ketchup e maionese, balas, margarinas, leite em pó, pães, iogurtes, geléia, bolachas, enlatados, preparado para pudins, bolos, sucos, sopas e ainda molhos e extratos de tomate, entre outros, podem ser transgênicos. Os consumidores podem adquirir informações sobre marcas que contém transgênicos em: <http://www.greenpeace.org.br/consumidores/guiaconsumidor.php>



## **Legislação sobre Transgênicos no Brasil.**

Segundo o Artigo 225 da Constituição Federal Brasileira: "Todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Em 1995, foi aprovada a Lei de Biossegurança no Brasil, que gerou a constituição da CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança), pertencente ao MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). Este fato permitiu que se iniciassem os testes de campo com cultivos geneticamente modificados, que são hoje mais de 800.

Decreto 3.871/01: obriga a indicação no rótulo de produtos importados que contenham, ou seja, produzidos com organismos geneticamente modificados.

Medida Provisória 131/03: estabelece normas para o plantio e comercialização da produção de soja da safra de 2004.

A biossegurança é a ciência responsável por controlar e minimizar os riscos da utilização de diferentes tecnologias em laboratórios ou quando aplicadas ao meio ambiente

### **Texto de apoio: A questão dos transgênicos por Valois (2004)**

Afonso Celso Candeira Valois, pesquisador da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) faz importantes considerações sobre a questão dos transgênicos.

A sociedade contemporânea vivencia hoje um fenômeno chamado globalização que vem diminuindo barreiras, distâncias, aproximando povos e culturas.

O crescimento exponencial do comércio internacional é um dos fatores que colaboram para que grandes quantidades de mercadorias sejam levadas rapidamente de uma região para outra pelos mais diversos meios de transportes. Mas, se por um lado, esse crescimento é saudável, pois favorece a entrada de divisas e uma posição de destaque do Brasil no mercado internacional, por outro lado, possibilita o movimento de inimigos, quase sempre minúsculos, como insetos e microrganismos (bactérias, vírus, fungos, nematóides e ácaros), mas que podem causar danos inversamente proporcionais ao seu tamanho à nossa agricultura, pecuária e florestas. Exemplo recente disso é a ferrugem da soja, que entrou no Brasil em 2001 e já causou perdas superiores a US\$ 2 bilhões na safra de 2003. Essa praga foi identificada primeiramente em Mato Grosso, em 2001, e já atingiu diversos estados, causando sérios danos à cultura da soja. Esse, aliás, é um exemplo importante também para ilustrar uma nova terminologia, muito usada no contexto atual: o bioterrorismo, que é a introdução intencional de um patógeno na agricultura.

Preocupados com esse estranho fenômeno, ao qual chamam de "bioglobalização", ou seja, o deslocamento intencional ou não de organismos vivos entre regiões, cientistas brasileiros da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e da ABIN (Agência Brasileira de Inteligência) se uniram para desenvolver um plano estratégico inteligente de vigilância para a segurança biológica da agricultura, pecuária e florestas,

Um dos caminhos para controlar os efeitos danosos da sua entrada inadvertida na economia do país, através do melhoramento genético de plantas, por exemplo, que permite o desenvolvimento de variedades com resistência a pragas e doenças da agricultura. Um exemplo interessante é com relação à ferrugem do café. Antes que essa doença entrasse no

Brasil, o IAC – Instituto Agrônomo começou a fazer melhoramento genético do cafeeiro, de modo que quando ela foi introduzida, já se tinha obtido variedades resistentes de tal forma que hoje, essa doença não é considerada um problema no Brasil.

De modo geral, o melhoramento genético de plantas tem se constituído na solução mais curta, econômica e duradoura para o encontro da sustentabilidade da agricultura. Dentre outras, as principais vantagens que as técnicas de engenharia genética e os próprios transgênicos podem proporcionar ao melhoramento genético de plantas são as seguintes:

- Aumento da produção e da produtividade com redução de custos.
- Alternativa para a comercialização de produtos agrícolas.
- Melhor controle ambiental, especialmente pela redução ou extinção do uso de agrotóxicos.
- Incremento da capacidade comparativa e competitiva na comercialização de produtos agrícolas diante de um mercado globalizado.
- Possibilidade de análise acurada dos produtos transgênicos para a total segurança alimentar e ambiental.
- Busca de caminhos alternativos para bem informar aos produtores e consumidores sobre a origem dos transgênicos.
- Aumento da variabilidade genética pela inserção de genes exógenos em genomas funcionais.
- Maior velocidade na geração de novas cultivares.
- Programas de melhoramento genético mais bem direcionados.
- Maior facilidade para a exploração de condições ecológicas adversas pelo direcionamento da criação de novos genótipos adaptados.
- Uso de alternativas genotípicas desejáveis não encontradas com facilidade na natureza.
- Melhoria da qualidade dos produtos agrícolas.
- Consistente alternativa para contribuir com a mitigação ou extinção da fome, pobreza e miséria absoluta que assolam cerca de 18% da população mundial.

O Brasil constitui em um dos países com o maior potencial para a geração de plantas transgênicas, pois é uma das maiores nações detentoras da megadiversidade biológica. Possui cerca de 20% do total existente no Planeta, somente para o caso de plantas superiores e apresenta cerca de 55 mil espécies, o que corresponde ao redor de 21% do total de 267 mil espécies já classificadas no mundo. Essa alta concentração de genótipos se traduz em elevado número de genes tropicais e genomas funcionais, com algo em torno de 16,5 bilhões de genes. O País é possuidor de um largo acervo de genótipos conservados ex situ, com mais de 250 mil acessos de recursos genéticos disponíveis para a prospecção molecular e utilização em programas de melhoramento genético.

Diante desse rico patrimônio genético, a Embrapa tem avançado na geração de plantas transgênicas, seguindo os métodos mais modernos e próprios, com a vantagem do uso de plantas transgênicas, seguindo os métodos mais modernos e próprios, com a vantagem do uso de germoplasma do seu acervo, adaptado às condições ecológicas do País. Esses trabalhos têm envolvido os seguintes produtos:

- Feijão com resistência a vírus e insetos.
- Soja com tolerância a herbicidas e à seca, produção de hormônio de crescimento humano, anticorpos e biopolímeros.
- Algodão com resistência a insetos e biossegurança de eventos resistentes a insetos.
- Batata com resistência a vírus.
- Mamão com resistência a vírus.

- Alface com resistência a fungos.
- Milho com resistência a insetos, para qualidade protéica e tolerância ao alumínio.
- Brachiária para clonagem de plantas por sementes.
- Cacau e café para o aperfeiçoamento/ desenvolvimento de sistemas de transformação genética.

Enquanto isso, outras instituições brasileiras têm desenvolvido esforços para a geração de genótipos transgênicos de cana-de-açúcar, eucalipto, citros, cacau, soja, milho, arroz e algodão.

Todas estas evidências e outras referidas em várias literaturas, remetem para uma aplicação adicional dos organismos transgênicos, que é a possibilidade da inativação ou extermínio da ação dos princípios ativos de plantas produtoras de entorpecentes, como maconha e coca, ou mesmo, em um sentido mais amplo, interferir na ação maléfica de insetos transmissores de sérias doenças, como malária, dengue, chagas, entre outras, contribuindo assim com mais fatores positivos complementares ligados à saúde, políticas públicas e saneamento básico.

### **ESTUDOS RECÍPROCOS: BIOÉTICA.**

Com base no texto e em seus conhecimentos, faça uma reflexão sobre os seguintes temas:

- 1)Relação entre a Bioética e a Biotecnologia.
- 2)Vantagens e desvantagens dos transgênicos.
- 3)Como garantir a biossegurança na Biotecnologia?

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, E. E. S. Ensino de Bioética: um desafio transdisciplinar. Interface-Comunicação, Saúde, Educação, v.2, n.2, 1998. Disponível em: <<http://www.interface.org.br/revista2/artigo2.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2009.

BIOÉTICA. v. 13 n. 1-2005. Brasília, Conselho Federal de Medicina, 2006.

BIOÉTICA e Ética na Ciência. Disponível em: <<http://www.bioetica.ufrgs.br/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

BIOÉTICA Índice Geral de Textos, Resumos, Definições, Normas e Casos. Disponível em: <<http://www.bioetica.ufrgs.br/textos.htm#conceito>>. Acesso em: 10 maio 2009.

CABRAL, G. TRANSGÊNICOS: Brasil Escola; Biologia, Transgênico. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/biologia/transgenicos.htm>>. Acesso em: 10 maio 2009.

ENGENHARIA Genética (A Ciência da Vida). Ambiente Brasil. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./biotecnologia/index.html&conteudo=./biotecnologia/artigos/engenetica.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARAH, S.B. DNA. Segredos e Mistérios. 2. ed. São Paulo: Sarvier. 2007.

GREENPEACE-Transgênicos. A batalha jurídica ainda não terminou. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/transgenicos/trans03.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

GOLDIM, J.R. Bioética: Origens e Complexidade. Revista HCPA 2006; 26(2): 86-92.

TÉCNICAS básicas em biologia molecular e DNA recombinante. Animações virtuais. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/bioquimica/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

TRANSGÊNICOS. Ambiente Brasil. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./biotecnologia/index.html&conteudo=./biotecnologia/artigos/trans.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

TRANSGÊNICOS. Jornal da Ciência. (2003). Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=14097>>. Acesso em: 10 maio 2009.

VALOIS, A. C. C. Possibilidades de uso de genótipos modificados e seus benefícios/ Afonso Celso Candeira Valois. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/unidades/uc/sge/texto19.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2009.

VALOIS, A.C.C. Programa de Alimentos Seguros. Embrapa. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/imprensa.2004-11-25.4590548946/25.4590548946/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

VALOIS, A.C.C. Segurança biológica: agricultura, pecuária e florestas saudáveis e livres de doenças e pragas. ABRACITE. 2004: Disponível em: <http://www.abracite.org.br/index.php?action=veinformativo&infid=379>. Acesso em 10/05/09.

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. Estud. av. vol.18 no.51 São Paulo May/Aug. 2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0103-40142004000200016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-40142004000200016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 10 maio 2009.

## **APÊNDICE J - Questionário Pré-teste**

## Questionário Pré-teste

		Não utilize estes quadros								
--	--	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

### Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para o Ensino Médio Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Moacir Wuo - UMC

#### 1.2 Instruções

- Algumas questões são de múltipla escolha e outras são para você escrever sua resposta.
- Nas questões de múltipla escolha você deverá colocar um X no “quadrinho” ao lado da alternativa que corresponde a sua opinião.
- Nas questões que você deve escrever use a linha imediatamente abaixo da questão.
- Não deixe nenhuma questão em branco, se você não souber responder escreva “não sei”.
- Quando você completar o questionário não assine.

*Suas respostas são muito importantes para nós. Responda todas as questões de maneira completa.*

*Se você tiver alguma dúvida fale com o(a) Aplicador(a)*

**Contato:** UMC – Ensino de Biologia - Prédio II – Sala 2T49 - moacir@um.br Telefone 4798.7334

1. Atualmente eu estou com		<input type="text"/>	<input type="text"/>	Anos
2. Sou do sexo		Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>		
3. Eu estou cursando a		1a <input type="checkbox"/>	2a <input type="checkbox"/>	3a <input type="checkbox"/>
		Turma _____		
4. Você já ouviu falar sobre DNA?		Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>	
5. Qual foi a sua fonte de informação sobre o DNA? (pode assinalar mais de uma alternativa).		Escola – aulas de Biologia		
		Televisão		
		Revista do tipo Superinteressante ou Galileu		
		Revista do Tipo Veja/Isto é		
		Com os amigos		
		Na Internet		
		Em casa		
		Outras. Qual? _____		
6. Você sabe como é formada a molécula de DNA? SIM		<input type="checkbox"/>	NÃO	<input type="checkbox"/>
7. Sem você respondeu SIM, explique como é formada a molécula de DNA.		_____		

<b>8. Quais as funções do DNA?</b>	
<b>9. Onde podemos encontrar DNA?</b>	
<b>10. Você já ouviu falar em teste de paternidade utilizando DNA?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>11. Como é feito o teste de paternidade utilizando o DNA?</b>	
<b>12. Você já ouviu falar em mutação gênica?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>13. Quais as consequências da mutação gênica?</b>	
<b>14. Você sabe qual a relação entre DNA e Proteínas?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>15. Como as proteínas são produzidas nas células?</b>	
<b>16. Você sabe quais as funções das proteínas em nosso organismo?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>17. Se você respondeu SIM. Dê exemplos de funções das proteínas.</b>	
<b>18. O que você sabe sobre bactérias?</b>	

<b>19. Qual a importância das bactérias para os seres humanos?</b>							
<b>20. Você já consumiu algum alimento produzido por bactérias?</b>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: right;">SIM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO SEI</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SIM	<input type="checkbox"/>	NÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO SEI	<input type="checkbox"/>
SIM	<input type="checkbox"/>						
NÃO	<input type="checkbox"/>						
NÃO SEI	<input type="checkbox"/>						
<b>21. Caso tenha consumido qual foi esse alimento?</b>							
<b>22. O que você sabe sobre fungos?</b>							
<b>23. Você já consumiu algum alimento produzido por Fungos?</b>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: right;">SIM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO SEI</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SIM	<input type="checkbox"/>	NÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO SEI	<input type="checkbox"/>
SIM	<input type="checkbox"/>						
NÃO	<input type="checkbox"/>						
NÃO SEI	<input type="checkbox"/>						
<b>24. Caso tenha consumido qual (is) foi (ram) esse(s) alimento(s)?</b>							
<b>25. Você já ouviu falar em Biotecnologia?</b>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: right;">SIM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SIM	<input type="checkbox"/>	NÃO	<input type="checkbox"/>		
SIM	<input type="checkbox"/>						
NÃO	<input type="checkbox"/>						
<b>26. Para você o que é biotecnologia?</b>							
<b>27. Qual a sua opinião sobre Biotecnologia?</b>							
<b>28. Você poderia dar alguns exemplos da aplicação da Biotecnologia.</b>							
<b>29. Em sua opinião, Biotecnologia deve ser ensinada na Escola?</b>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: right;">SIM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">NÃO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SIM	<input type="checkbox"/>	NÃO	<input type="checkbox"/>		
SIM	<input type="checkbox"/>						
NÃO	<input type="checkbox"/>						

<b>30. Por quê?</b>	
<b>31. Você acha que Biotecnologia tem alguma relação com a Biologia?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>32. Se você respondeu SIM. Como é essa relação?</b>	
<b>33. Em sua opinião, a Biotecnologia pode facilitar a vida dos seres humanos?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NÃO SEI <input type="checkbox"/>
<b>34. Por quê?</b>	

<b>35. Você já ouviu falar em transgênicos?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>36. Para você o que são transgênicos?</b>	
<b>37. Você poderia dar alguns exemplos de transgênicos?</b>	
<b>38. Você sabe como são produzidos os transgênicos?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>
<b>39. Você já consumiu algum alimento transgênico?</b>	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NÃO SEI <input type="checkbox"/>
<b>40. Caso tenha consumido qual foi esse alimento?</b>	
<b>41. Qual a sua opinião sobre transgênicos?</b>	

<b>42. Você já ouviu falar em Bioética?</b>	<b>SIM</b> <input type="checkbox"/>
	<b>NÃO</b> <input type="checkbox"/>
<b>43. Se você respondeu SIM. Cite alguma questão atual na sociedade envolvendo Bioética.</b>	
<b>44. Você gostaria de saber alguma coisa sobre Biotecnologia?</b>	<b>SIM</b> <input type="checkbox"/>
	<b>NÃO</b> <input type="checkbox"/>
<b>45. Por quê?</b>	

**APÊNDICE K - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**  
**Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia**  
**Mestrado em Biotecnologia**

**Ensino de Biotecnologia: Proposta de Atividades para o Ensino Médio**

Agradecemos sua participação nesta pesquisa. Nosso interesse é desenvolver um conjunto de atividades para organização de um Programa de Ensino de Biotecnologia para o Ensino Médio. Entretanto, antes de iniciarmos o programa, é necessário obtermos informações sobre seus conhecimentos prévios sobre a Biotecnologia. Essas informações são muito importantes para nós para que possamos redirecionar nossos procedimentos e encaminhamentos didático-pedagógicos. Isto não é uma prova ou exame, não existem questões certas ou erradas e não será atribuída nenhuma nota.

Você não precisa se identificar. Isto significa que ninguém saberá o que você está respondendo. Nós garantimos absoluto anonimato e sigilo de suas respostas, as quais serão usadas somente com finalidades científicas. Após a tabulação das respostas os questionários individuais serão destruídos.

Você poderá tomar conhecimento sobre o andamento da pesquisa entrando em contato com o Professor Moacir Wuo através do e-mail moacir@umc.br ou pessoalmente na Sala 2T49 Prédio II do Campus da UMC em Mogi das Cruzes.

Nós disponibilizaremos, oportunamente, uma cópia das análises e dos resultados desta e de outras pesquisas que estamos desenvolvendo.

Solicitamos que você assine o Termo abaixo autorizando a utilização de suas respostas e opiniões para a pesquisa e fique com uma cópia deste Termo com você. Qualquer dúvida fale com o(a) aplicador(a).

**Muito obrigado**

**Moacir Wuo**  
**Curso de Pós-Graduação em**  
**Biotecnologia**

**Marcos Antonio Galanjauskas**  
**Mestrando em Biotecnologia**

<b>Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b>	
Concordo voluntariamente em participar desta pesquisa e poderei retirar meu consentimento a qualquer hora, antes ou durante o desenvolvimento da mesma, sem penalidades, prejuízos ou qualquer justificativa. Acho suficiente os esclarecimentos e as informações sobre a pesquisa e seus objetivos enunciadas acima. Autorizo o uso das informações por mim fornecidas no questionário anexo, sempre preservando minha privacidade e anonimato.	
Assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em duas vias de igual teor, ficando uma em minha posse.	
_____, ____/____ de ____	
Local dia mês ano	
Nome e Assinatura do Participante-Voluntário	
Nome e Assinatura do Pesquisador Responsável	Moacir Wuo

**MESTRADO - BIOTECNOLOGIA**

Professor Moacir Wuo

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**Eu \_\_\_\_\_, responsável pelo menor \_\_\_\_\_, número \_\_\_\_\_, da 3ª série \_\_\_\_\_, autorizo o aluno a participar da pesquisa de "atividades educativas" em Biotecnologia para o ensino médio.**

**São Paulo, 19 de maio de 2009.**

Assinatura do Responsável : \_\_\_\_\_

**ANEXO A - Temas de Biotecnologia para o Ensino Médio-S.E.E.**

Temas de estudos em Biotecnologia do caderno do professor propostos para as 2<sup>as</sup> séries do Ensino Médio (PCBSESP – Biologia, 2008).

2 <sup>a</sup> SÉRIE		
TEMA 5: Tecnologias de manipulação do DNA: a receita da vida e seu código		
Subtemas	Conteúdos gerais	Conteúdos específicos
<b>3º Bimestre</b>  DNA: a receita da vida e seu código	O DNA em ação: estrutura e atuação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrutura química do DNA</li> <li>Modelo de duplicação do DNA: a história da descoberta do modelo</li> <li>RNA: a tradução da mensagem</li> <li>Código genético e fabricação de proteínas</li> </ul>
<b>4º Bimestre</b>  Biotecnologia	Tecnologias de manipulação do DNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Principais tecnologias utilizadas na transferência de DNA: enzimas de restrição, vetores e clonagem molecular</li> <li>Engenharia genética e produtos geneticamente modificados: alimentos, produtos farmacêuticos, hormônios, vacinas e medicamentos</li> <li>Riscos e benefícios de produtos geneticamente modificados no mercado: a legislação brasileira</li> </ul>

**ANEXO B - Termo de Aprovação do Comitê de Ética.**

**Título:** BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: PROPOSTA DE ENSINO

**Área de conhecimento:** 2.02 - Genética  
**Responsável pelo projeto:** Prof. Moacir Wu  
**Autor:** Marcos Antonio Galanjauskas  
**Processo CEP:** 100/2007  
**CAAE:** 0101.0.237.000-07

Em reunião de 30 de outubro de 2007 o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos aprovou o parecer que segue aqui descrito.

### **Resumo**

O presente projeto apresenta inicialmente as diversas definições do que é Biotecnologia apontada por vários autores, depois observa a Biotecnologia num processo-sócio-científico para chegar à Educação em Biotecnologia, aqui vista como ponto importante a ser tratado na escola no ensino de Biologia. Vê-se que é fundamental a importância das escolas mostrarem a potencialidade que a Biotecnologia moderna propicia na solução de muitos problemas da sociedade, sempre acompanhada das questões éticas envolvidas nessas novas tecnologias. Assim os objetivos da pesquisa são construir, aplicar e avaliar proposta de atividades teórico-práticas de ensino de Biotecnologia para o Ensino Médio. Os participantes serão alunos da 3ª série do ensino médio da Rede Oficial de Ensino/SP. Haverá um pré-teste dos conhecimentos prévios dos alunos, aplicação de atividades de ensino e o pós-teste com questões abertas e fechadas para verificar a aprendizagem ocorrida. A análise dos dados será qualitativa e quantitativa.

### **Parecer**

Bibliografia riquíssima e atual. Cronograma com atividades bem definidas. Trabalho de grande importância para a área. Preenche todos os requisitos necessários para a sua consecução.

O TCLE contém todos os requisitos para a sua assinatura.

## COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

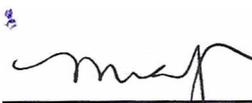
Cont. Processo CEP: 100/2007 CAAE: 0101.0.237.000-07

### Conclusão

Projeto aprovado de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Obs.: O Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS 196/96, solicita ao pesquisador responsável que encaminhe o relatório final (em CD ou disquete) ou cópia da publicação do artigo ou resumo (em papel) referentes a este projeto no mês de JANEIRO de 2009 com carta de encaminhamento ao Coordenador do CEP-UMC. Caso contrário, deve ser entregue uma justificativa para que não haja complicações na entrega de projetos posteriores.

Mogi das Cruzes, 30 de outubro de 2007.



Prof.ª. Dr.ª. Maria Renata Giazzi Nassri  
Vice-Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa  
envolvendo Seres Humanos

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)