

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**DINNY KATIA RAMOS FANTACHOLE**

**ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO – ASPECTOS  
HISTÓRICOS, BIOÉTICA E ANALOGIAS NO ENSINO DE GENÉTICA**

**CURITIBA**

**2014**

**DINNY KATIA RAMOS FANTACHOLE**

**ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO – ASPECTOS  
HISTÓRICOS, BIOÉTICA E ANALOGIAS NO ENSINO DE GENÉTICA**

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luppe Furtado Alle

**CURITIBA**

**2014**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu esposo e filhos pela compreensão do tempo que estive ausente do convívio familiar para poder me dedicar aos estudos. Pelo apoio incondicional aos meus momentos de imersão a leitura e estudos.

Agradeço aos colegas de curso pela troca de informações e conhecimento e aos colegas de minha escola, inclusive os de outras áreas de conhecimento que me ajudaram a pensar neste trabalho de forma interdisciplinar.

## RESUMO

A genética como qualquer ciência tem sua evolução dada em um contexto histórico. É necessário entender que seus conceitos e aplicações foram e são influenciados pelos aspectos sociais, políticos e econômicos da atividade humana. Analisar os primórdios dessa fascinante ciência e perceber sua adaptação a diferentes momentos e culturas pode facilitar seu entendimento e torna-la ainda mais interessante. Mesmo sem registros que possam documentar questões de hereditariedade, a observação de transmissão de características já era observada desde os primeiros seres humanos. A domesticação de animais, a polinização cruzada de algumas plantas, a especulação sobre como o ambiente pode contribuir ou não na origem dos defeitos congênitos e toda teoria de formação do novo indivíduo, ou seja, questões que hoje podem ser respondidas pela ciência moderna estiveram sempre nos debates até mesmo filosóficos, sempre aguçando a curiosidade humana. Por essa razão e também por outra não menos importante, que é fato de que o conhecimento científico ou as tentativas de se chegar até ele pode ter um aspecto não belo, não de sucesso, mas sim de crueldades, de incontáveis perversidades e isso num passado recente, é que precisamos contextualizar e facilitar os conhecimentos da genética, abrir espaço pra discutir a ética, a Bioética e construir um saber coletivo crítico. Pensando nos educandos de escolas públicas do Estado do Paraná que recebem livros didáticos, nós educadores precisamos nos perguntar e analisar se esse material didático atende a estas questões apresentadas.

**Palavras-chave:** Hereditariedade<sup>1</sup>; Contexto histórico<sup>2</sup>; Ética<sup>3</sup>.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – TRANSCRIÇÃO .....	18
FIGURA 2 – MONTAGEM DA PROTEÍNA COM RIBOSSOMOS.....	18
FIGURA 3 – ESTRUTURA DO t RNA.....	19
FIGURA 4 – LIGAÇÕES ENTRE AMINOÁCIDOS .....	29
FIGURA 5 – SÍNTESE POLIRRIBOSSOMOS .....	30
FIGURA 6 – DESTINO DA PROTEÍNA SINTETIZADA .....	30

## **LISTA DE TABELAS OU FLUXOGRAMAS**

FLUXOGRAMA 1- ESQUEMA COMPARATIVO ENTRE A SÍNTESE DE PROTEÍNAS E AS ATIVIDADES DE UMA CONFEITARIA .....	27- 28
TABELA 1 – AMINOÁCIDOS E CÓDONS CODIFICADORES .....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>ANÁLISE DOS LIVROS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>LIVRO A .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>LIVRO B .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>LIVRO C .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4</b>	<b>ANALOGIAS COMO MEIO DE FACILITAR A COMPREENSÃO DO CONTEÚDO.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRIA DA GENÉTICA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>BIOÉTICA NO ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>ANALOGIAS NO ENSINO DE BIOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No ensino de Biologia, da Genética para ser mais específico, é preciso saber trabalhar os conteúdos além da técnica, abordar o contexto histórico e o que implicou na produção desse conhecimento nas sociedades. Isso fornece aos educandos um arcabouço crítico sobre conceitos, atitudes e procedimentos, uma análise responsável para tomada de decisões sobre conflitos éticos que afetem a vida humana.

Conhecer a história da evolução dessa ciência e toda sua aplicação social, benéfica ou destrutiva, faz parte de uma consciência crítica. Se considerarmos que a tecnologia e a biologia estão numa evolução acelerada, precisamos de instrumentos para que ambas sejam utilizadas com responsabilidade, para e tão somente o benefício da humanidade.

Penso ser necessário sairmos deste estado de inércia coletiva, dessa ideia de que temos que seguir um dado planejamento, que o que traz o livro didático é suficiente para nossos educandos e debater com muita seriedade os problemas éticos da genética. Um bom começo é rever tudo o que cerca a EUGENIA, precisamos dar ênfase nas ações de geneticistas humanos durante o nazismo e nos anos que o antecederam.

Acredito que essa abordagem histórica e a contextualização dos saberes podem além de fomentar a curiosidade determinar uma postura mais ética, mais consciente em relação à si próprio, aos outros e ainda uma conduta mais condizente aos Direitos Humanos. Assim como destaca Freire (2001):

*Não é possível pensar os seres humanos longe, sequer, da ética, quanto mais fora dela. Estar longe ou, pior, fora da ética, entre nós, homens e mulheres, é uma transgressão. É por isso que transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador. (FREIRE, 2001, p.23.)*

Enfrentar os desafios na implementação da Bioética no ensino é uma postura de coragem e inovação que deve perpetuar entre os educadores. Precisamos discutir nas salas de aula os assuntos de Bioética e Biotecnologia nas suas atuações cotidianas, nas aplicações sociais, nas atuações políticas, aproximar tais conteúdos com a realidade de nossos educandos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A História da Genética como Ciência, muitas vezes é abordada de forma superficial pelos livros didáticos. Na maioria das vezes, se restringe a uma breve apresentação da biografia dos cientistas, mais precisamente ou exclusivamente de Gregor Mendel. Essa insuficiente contextualização da construção dos conhecimentos científicos, muitas vezes leva o educando a pensar que ciência é só sucesso ou, que ainda se faz presente como uma “luz divina” onde de repente se chega a uma conclusão que possa ser comprovada.

Não levar em conta as tentativas, os erros e até mesmo os métodos muitas vezes desumanos que a ciência fez e faz uso para suas descobertas, traz a falsa impressão de que na ciência a sorte é determinante. Precisamos levar o entendimento de que o momento social, político, e até mesmo a localização geográfica e os intemperismos podem contribuir com o resultado de uma pesquisa, com a aprovação ou refutação de uma hipótese.

O educador precisa ter consciência da necessidade de propiciar espaços de debate de assuntos do passado da história da ciência e das novas técnicas da manipulação genética que com o avanço da tecnologia e da biologia vem cada vez mais fazer parte do nosso cotidiano.

A liberdade do professor na escolha dos conteúdos, desde que atendam a LDB ainda permite organiza-los de forma a facilitar a aquisição e a compreensão do saber. Os conteúdos por mais que sejam bem organizados didática e cientificamente, na maioria das vezes são muito complexos.

Por essa razão, se faz necessário uma reflexão e análise de como esses conteúdos são apresentados nos livros didáticos. Principalmente se levarmos em conta que esse é o único recurso que muitos educadores da rede pública de ensino têm à sua disposição. É nesse sentido, que a abordagem da Bioética é essencial para a construção de uma postura mais humana no mundo moderno.

## **1.2 OBJETIVOS**

Analisar a apresentação do conteúdo de Genética sob seus aspectos históricos e suas pontes com conteúdos pré-requisitos nos livros didáticos.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Trazer a discussão a contextualização histórica da Genética dos livros didáticos e a ausência de analogias em conteúdos complexos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Analisar a abordagem que os livros didáticos fazem em relação à genética no Ensino Médio;
- b) Levantar questões sobre analogias para o bom entendimento de alguns conteúdos de genética;
- c) Apresentar uma possibilidade de se trabalhar de forma mais efetiva a Bioética e os Direitos Humanos.

## **1.3 METODOLOGIA**

Analisar a apresentação de um determinado conteúdo trazido em livros didáticos não é tarefa fácil. É fundamental que o educador tenha discernimento sobre quais conteúdos são primordiais para o desenvolvimento do conhecimento científico de seus alunos. Para essa análise foi selecionado o conteúdo de Genética, sua abordagem no contexto histórico e a existência ou não de analogias em conteúdos de citologia molecular que favorece a compreensão dos mesmos.

Foram selecionados para a análise três livros de Biologia do Ensino Médio, dois que estavam disponíveis na biblioteca do Colégio Estadual Santa Cândida – Ensino Fundamental e Médio Regular e Médio Técnico, sendo que o livro B é o atual

distribuído e utilizado pelos professores de biologia neste ano letivo de 2014. Somente o livro do aluno foi analisado. São eles:

	Livro	Autores	Editora	Publicação
A	Biologia Volume Único	Sônia Lopes e Sergio Rosso	Saraiva	2005
B	Biologia Volume 3	Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder	Ática	2012

O livro abaixo citado, não está disponível na biblioteca do colégio e foi utilizado para análise o livro do professor.

C	Biologia no Terceiro Milênio Volume 2	José Luís Soares	Scipione	1999
---	--	---------------------	----------	------

Os textos analisados faziam referência ao conteúdo de genética como introdução, ou seja, uma parte histórica e de discussões sobre Bioética. Foram analisados nos livros citados alguma referência de conteúdo considerado como requisito básico para o bom entendimento da genética, nesse caso, a síntese de proteínas como expressão gênica e se este faz alguma analogia para melhor compreensão.

## 2 ANÁLISE DOS LIVROS

### 2.1 LIVRO A

Os autores do livro A, Sônia Lopes e Sergio Rosso apresentam os conteúdos biológicos a serem estudados no Ensino Médio em volume único. Nesse livro, o conteúdo de Genética é organizado na unidade 5, e dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo “A visão histórica da Genética” traz algumas referências sobre o assunto, e embora se comparado ao livro B este traga uma variedade considerável de referências históricas, acaba por não evidenciar o processo científico em si. Não colabora com a explanação de como as sociedades da época eram organizadas,

seus aspectos políticos e econômicos. Como nas citações aparecem apenas nomes e datas, observa-se que a ciência segue um padrão linear.

A apresentação de Mendel é dada assim: “A maior contribuição para a Genética foi dada pelo monge Gregor Mendel (1822-1884), que realizou experimentações com ervilhas em seu jardim, no mosteiro de Brunn, na Austrália.” (LOPES e ROSSO, 2005.) Assim, a história de Mendel se resume a descrever seus estudos com as ervilhas comuns (*Pisum sativum*) e não faz conexão alguma com a realidade da época em que o cientista viveu. Como os conceitos e teorias apresentados são apenas os corretos na atualidade, deixa a entender que os cientistas não tiveram dificuldades nem cometeram erros para chegar aos resultados.

Se considerarmos a Bioética, o texto não faz referência a momentos em que a Genética foi determinante na História, como por exemplo, na Segunda Guerra quando ocorreu um programa sistemático de extermínio étnico patrocinado pelo Estado nazista, liderado por Adolf Hitler e pelo Partido Nazista que ocorreu em todo Terceiro Reich (Alemanha Nazista) e nos territórios ocupados por alemães. Deixar de citar e relacionar a Genética a um fato tão importante e dramático da história é não permitir uma reflexão sobre como a humanidade pode e deve evitar a discriminação genética humana. É permitir compreender de forma crítica até onde podemos ir com os avanços da Biotecnologia.

No último capítulo deste livro é que encontramos textos relacionados à Engenharia genética, como clonagem onde se descrevem os procedimentos da biotecnologia, organismos transgênicos e mapeamento genético. Os textos fazem menção às técnicas dos processos biotecnológicos e quais aplicações estes podem ter nas atividades humanas.

## **2.2 LIVRO B**

A coleção do livro B é composta de três volumes. A genética é conteúdo apresentado na Unidade 1 do terceiro volume. Assim como no livro A, o contexto histórico da época em que a formulação de teorias foi realizada foi deixado de lado. A história da Ciência apresenta-se de forma simplificada, apesar de os autores destacarem na apresentação do conteúdo de Genética a importância de se relacionar os conteúdos de Biologia aos procedimentos científicos. As teorias para

explicar a hereditariedade são citadas sem levar em conta a situação da organização da sociedade, de forma resumida e superficial.

Essa falta de contextualização ao momento dos estudos e descobertas científicas transmite o falso entendimento de que o resultado é dado pela contribuição isolada de um único cientista, como se de repente, isoladamente do que ocorria no mundo algo de extrema importância fosse descoberto sem muitas tentativas e erros e sem a coautoria de outros pesquisadores. Neste livro, não é relatado que Mendel viveu em uma época em que a polinização cruzada, por exemplo, já vinha sendo feita por agricultores que mesmo leigos nos conhecimentos da genética, percebiam pela observação a possibilidade de uma colheita com maior produtividade quando esse método era utilizado, ou seja, não levam em conta os aspectos econômicos e políticos da época. Apresenta-se Mendel como um monge recluso, realizando suas experiências com ervilhas em um mosteiro: “[...] as leis básicas da hereditariedade já tinham sido estabelecidas pelo monge agostiniano Gregor Mendel num mosteiro da cidade de Brum, na Austrália.” (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2012, p.13).

Nesse livro, os capítulos são finalizados destacando-se a Tecnologia do DNA, terapia gênica, animais e vegetais transgênicos e o Genoma humano, mas como a apresentação da destes textos são trazidos de forma isolada, como um quadro separado do corpo do texto “principal”, pode deixar-se entender apenas como uma leitura complementar, não necessária, não com ênfase e possíveis discussões entre os alunos. Além de, por não estarem no texto em si, não ocorre contextualização dos conceitos. Podemos observar essa opção editorial nos textos que abordam a Bioética, faltam destaque e sugestões de atividades a partir dessas questões, mesmo os autores ressaltando que “[...] todos reconhecem que a ciência deve estar a serviço do homem e que as consequências sociais e éticas das descobertas científicas precisam ser debatidas por toda a sociedade” (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2012, p.11).

### **2.3 LIVRO C**

O livro C traz a genética no segundo volume da coleção, apresentada no capítulo 13 como “A genética de Mendel” As bases da hereditariedade. Dos três livros analisados, este é o que faz uma maior referência à evolução das ideias sobre

hereditariedade, mostrando teorias anteriores aos experimentos de Mendel. Trata de mencionar que o termo Genética foi aplicado primeiramente pelo inglês William Bateson (1861-1926) e relata em forma cronológica as hipóteses mais antigas registradas na história que poderiam explicar a hereditariedade.

Descreve a pré-formação como uma das mais antigas hipóteses registradas na história da biologia, inclusive que no século XVIII os adeptos desta dividiam-se em spermistas e ovistas. Em seguida cita Charles Darwin (1809-1882) levantando a questão das gêmulas ou pangenes, porém, deixa de relatar que essa ideia teve início há mais de dois mil e quatrocentos anos com Hipócrates, segundo a qual cada órgão ou parte do corpo produziria partículas hereditárias que seriam transmitidas aos descendentes no momento da concepção.

Seguindo essa ordem cronológica, faz menção a Francis Galton (Inglaterra, 1822-1911) que sugeria a “lei da herança ancestral” descrevendo que o sangue de cada indivíduo seria uma mistura do sangue de seu pai com o sangue de sua mãe. Inclusive traz ilustração da proporção de sangue que cada indivíduo herda desde seus bisavôs. O autor cita em notas separadas que tanto Francis Galton quanto seu primo Charles Darwin erraram ao tentar explicar suas teorias por não chegarem a ter conhecimento da existência dos cromossomos e genes.

Cita August Weismann (Alemanha, 1834-1914) com a proposição de uma nova hipótese, a do “plasma germinativo”, inclusive seu erro ao admitir que apenas nas células germinativas estivessem presentes estruturas responsáveis pela hereditariedade, e menciona que hoje sabemos que os genes estão presentes tanto nas células gaméticas, como nas somáticas.

Por último, mostra a hipótese da epigênese Karl Ernst von Baer (Alemanha, 1792-1879) como a que mais se aproximou da realidade, onde os gametas trazem consigo a potencialidade para fazer com que uma intensa reprodução celular levasse a termo a formação do embrião, com tal distribuição e funcionamento das células que fosse permitido ao novo organismo reproduzir as características dos seus ancestrais.

Só depois dessa explanação é que o autor refere-se a Gregor Mendel, não diferentemente dos outros dois livros analisados A e B, este também traz Mendel como abade em um mosteiro que durante muitos anos fez cruzamentos entre plantas de ervilha. Porém, cita os notáveis conhecimentos de matemática e sua

engenhosa capacidade de realizar experimentalmente, de forma orientada, os cruzamentos entre ervilhas que o levaram a conclusões corretas.

A Bioética pode ser discutida em texto isolado no final do conteúdo de Genética que traz uma publicação da *Folha de S. Paulo*, 23/1/1994 intitulado GEN(ÉTICA).

Não foram encontradas em nenhum dos três livros analisados explicações de como os genes estando presentes nas células se expressam no fenótipo, ou seja, não se faz uma referência à síntese de proteínas que é primordial para um bom entendimento da genética, para compreensão do educando de como os genes trabalham.

#### **2.4 ANALOGIAS COMO MEIO DE FACILITAR A COMPREENSÃO DO CONTEÚDO**

A análise de livros didáticos permite mostrar algumas carências, uma delas é a ausência de analogias. Partindo do pressuposto de que o raciocínio analógico é próprio da cognição humana, precisamos buscar analogias e metáforas como recursos didáticos no ensino. A importância das analogias reside no fato de facilitar o estabelecimento de relações entre o conhecimento de um domínio que é familiar (domínio alvo) para um domínio mais familiar (domínio análogo).

A genética é uma ciência complexa, entender os fatos históricos ajuda numa compreensão mais ampla na evolução desse saber, assim como é fundamental compreender a atividade gênica. Os livros analisados, trazem o conteúdo no início do ensino da biologia, ou seja, distante da genética que está organizada para o último ano do Ensino Médio, e de forma complexa.

É difícil para um aluno de Ensino Médio entender que de uma única célula (zigoto) formam-se tecidos, órgãos e sistemas tão diversos, ou seja, como o DNA que se replica em todas as células pode agir e se expressar de forma diferente? Aqui entra o conteúdo Síntese de proteínas, que nos livros didáticos é abordado no conteúdo de Bioquímica celular e disposto ou nos primeiros capítulos dos livros de volume único ou no volume 1 dos livros seriados. O que ocorre, é que assim disposto, esse conteúdo de Síntese de proteínas é abordado no início dos estudos de biologia no Ensino Médio, já a Genética, é trazida geralmente no final do curso.

Essa distância entre dois conteúdos que deveria estar próximo dificulta a completa compreensão da Genética nos seus princípios técnicos, na transmissão de características e ação dos genes no fenótipo.

Os livros analisados trazem a Síntese de proteínas de uma forma muito complexa, embora de forma correta, não é feita nenhuma analogia para que o educando possa entender primeiramente de forma mais simples, para só então compreender na íntegra a ação DNA – RNA- códon – anticódon – aminoácidos e por fim proteínas. Assim, temos esse conteúdo geralmente apresentado:

As proteínas são moléculas orgânicas formadas pela união de uma série determinada de aminoácidos, unidos entre si por ligações peptídicas.

A **síntese de proteínas** é um processo rápido, que ocorre em todas as células do organismo, mais precisamente, nos ribossomos, organelas encontradas no citoplasma e no retículo endoplasmático rugoso. Esse processo pode ser dividido em três etapas:

#### **Primeira: transcrição**

A mensagem contida no códon (porção do DNA que contém a informação genética necessária à **síntese proteica**) é transcrita pelo RNA mensageiro (RNAm). Nesse processo, as bases pareiam-se: a adenina do DNA se liga à uracila do RNA, a timina do DNA com a adenina do RNA, a citosina do DNA com a guanina do RNA, e assim sucessivamente, havendo a intervenção da enzima RNA-polimerase. A sequência de 3 bases nitrogenadas de RNAm, forma o códon, responsável pela codificação dos aminoácidos. Dessa forma, a molécula de RNAm replica a mensagem do DNA, migra do núcleo para os ribossomos, atravessando os poros da membrana carioteca e forma um molde para a síntese proteica.

#### **Segunda: Ativação de aminoácidos**

Nessa etapa, atua o RNA transportador (RNAt), que leva os aminoácidos dispersos no citoplasma, provenientes da digestão, até os ribossomos. Numa das regiões do RNAt está o anticódon, uma sequência de 3 bases complementares ao códon de RNAm. A ativação dos aminoácidos é dada por enzimas específicas, que se unem ao RNA transportador, que forma o complexo aa-RNAt, dando origem ao

anticódon, um trio de códons complementar aos códons do RNAm. Para que esse processo ocorra é preciso haver energia, que é fornecida pelo ATP.

### **Terceira: Tradução**

Na fase de tradução, a mensagem contida no RNAm é decodificada e o ribossomo a utiliza para sintetizar a proteína de acordo com a informação dada. (LOPES e ROSSO 2005)

Os ribossomos são formados por duas subunidades (Figura 2). Na subunidade menor, ele faz ligação ao RNAm, na subunidade maior há dois sítios (1 e 2), em que cada um desses sítios podem se unir a duas moléculas de RNAt. Uma enzima presente na subunidade maior realiza a ligação peptídica entre os aminoácidos, o RNA transportador volta ao citoplasma para se unir a outro aminoácido. E assim, o ribossomo vai percorrendo o RNAm e provocando a ligação entre os aminoácidos, conforme ilustrado nas figuras 1 e 4.

O fim do processo se dá quando o ribossomo passa por um códon de terminação e nenhum RNAt entra no ribossomo(figura 3 e 5), por não terem mais sequencias complementares aos códons de terminação. Então, o ribossomo se solta do RNAm, a proteína específica é formada e liberada do ribossomo.

Para formar uma proteína de 60 aminoácidos, por exemplo, é necessário 1 RNAm, 60 códons (cada um corresponde a um aminoácido), 180 bases nitrogenadas (cada sequência de 3 bases dá origem a um aminoácido), 1 ribossomo e 60 RNAt (cada RNAt transporta um aminoácido). Pode-se notar, então, que se trata de um processo altamente complexo, já que há a intervenção de vários agentes. (LINHARES e GEWANDSZNAJDER 2012)

É dessa forma que os livros didáticos analisados apresentam o conteúdo de Síntese de proteínas.

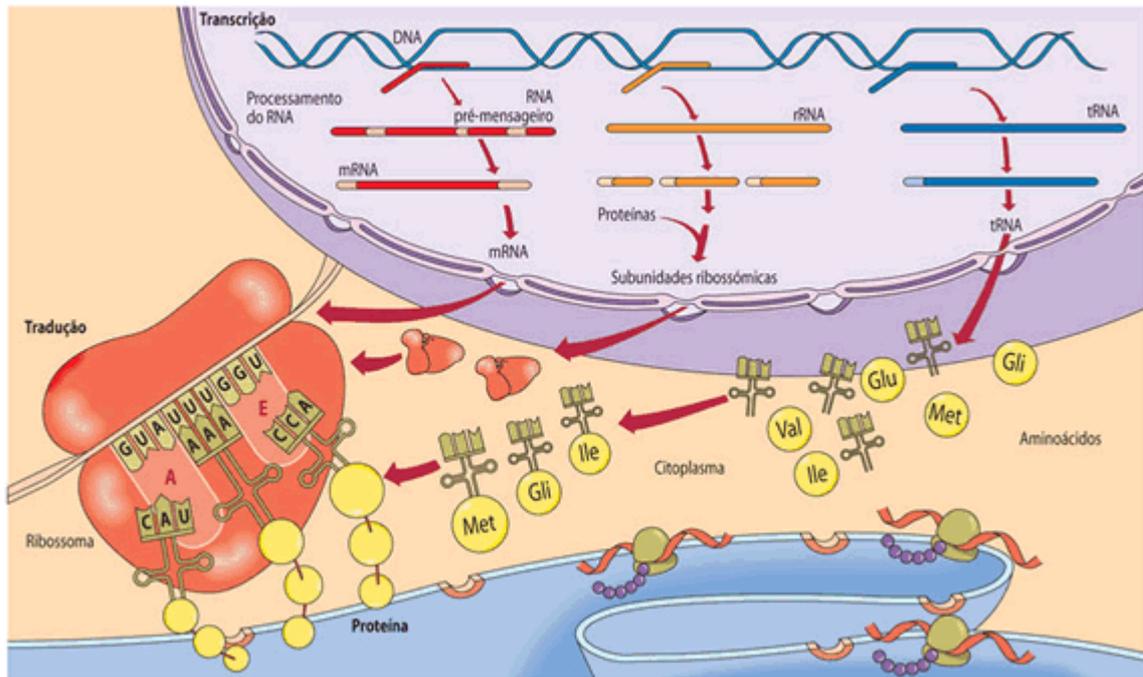


FIGURA 1

[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico)

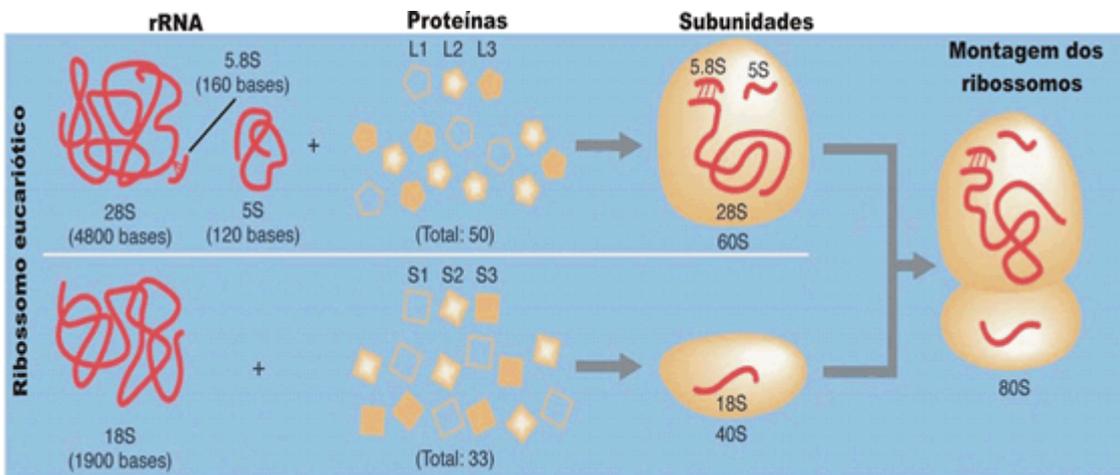
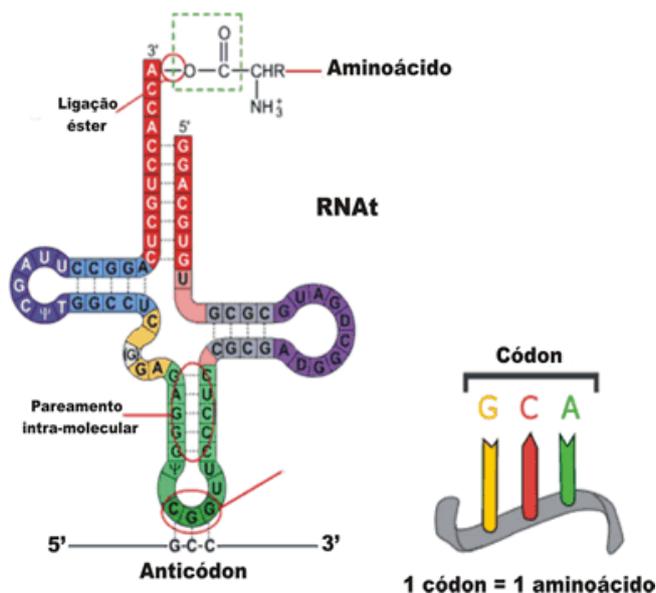


FIGURA 2

[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico)



[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico7](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico7).

### 3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRIA DA GENÉTICA

Qual a dificuldade no ensino da genética? Por que é difícil despertar a curiosidade dos alunos nessa área da biologia que pode ser tão interessante?

Esta pesquisa tenta fazer uma relação da falta de interesse ou dificuldade de aprendizagem da genética com a não contextualização dos fatos científicos.

Estudos de Ludwik Fleck (1986) podem contribuir para ressaltar a importância de serem levados em conta os fatos históricos e a organização da sociedade com a produção do conhecimento científico. Segundo Fleck, o conhecimento está ligado às relações sociais e culturais que o indivíduo estabelece no seu convívio com seu coletivo de pensamento (comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas). Cada coletivo de pensamento possui seu próprio modo de perceber o mundo, influenciando o sujeito que a ele pertence, a

fundamentar seu conhecimento de acordo com essa visão. Assim, podemos levantar a questão de que Gregor Mendel, por exemplo, teve suas ideias influenciadas por esses grupos de pensamento coletivo.

Simplificar a história da Genética é não oferecer uma reflexão real sobre como essa ciência influenciou e ainda pode influenciar algumas decisões de uma sociedade. É deixar de dar oportunidade da elaboração de um pensamento crítico. Por isso é importante além dos conteúdos técnicos, do conhecimento das formulações das teorias, uma discussão de como e quando esses estudos foram feitos, evitando textos que podem dar a entender que cientistas são gênios que trabalham isoladamente e que sem tentativas e erros chegam a uma teoria.

Por mais difícil que seja fazer um estudo dos primórdios da relação humana com a hereditariedade pela falta de registros que os documente, há indícios que os primeiros seres humanos iniciaram suas observações quanto à hereditariedade quando iniciaram a domesticação e cultivo de plantas, ou seja, quando deixaram a vida nômade. Esse fato foi importantíssimo para o sedentarismo, para que as primeiras sociedades pudessem ser constituídas, pois a domesticação de animais como cabras, porcos e cavalos que ocorreu no período Neolítico permitiu o início da não dependência da caça. Posteriormente, com a domesticação de plantas, a atividade coletora também foi trocada pela agricultura. Mais recentemente, cerca de 2000 a.C, a polinização cruzada começou a fazer parte da atividade humana com os assírios, babilônios que praticaram a polinização cruzada com palmeiras endêmicas do Oriente Médio. Dessa forma, podemos deduzir que esses povos já sabiam que características eram transmitidas através da reprodução.

É de muita valia conhecer a cultura grega para uma plena compreensão de como os fatos históricos que influenciaram na produção científica e como as teorias de grandes pensadores foram elaboradas. Ainda na era pré-socrática, nos séculos VI e V a.C., indagava-se sobre como o ambiente e a herança genética poderiam influenciar a determinação do sexo, ou má formação congênita. Mesmo não sabendo explicar o porquê, os gregos já sabiam que caracteres normais e patológicos eram transmitidos de pais para filhos.

Hipócrates, há dois mil e quatrocentos anos, considerado o fundador das ciências médicas, propôs, em 410 a.C., a Hipótese da Pangênese, para explicar a hereditariedade. De acordo com essa hipótese, a transmissão das características hereditárias baseava-se na produção, por todas as partes do corpo, de partículas

muito pequenas que eram transmitidas para a descendência no momento da concepção. A pangênese permaneceu como a única teoria geral de hereditariedade até o final do século XIX. Foi de Hipócrates, também, o conceito de hereditariedade de caracteres adquiridos – adotado pelo naturalista francês Jean Baptiste Lamarck, em 1809, como o mecanismo das mudanças evolutivas – uma explicação, ainda hoje, aceita erroneamente por muitas pessoas. Sobre isso Hipócrates escreveu:

“A semente vem de todas as partes do corpo, as saudáveis das partes saudáveis, as doentes das partes doentes. Pais com pouco cabelo têm, em geral, filhos com pouco cabelo, pais com olhos cinzentos têm filhos com olhos cinzentos, pais estrábicos têm filhos estrábicos.” (PAGAN, 2013)

Darwin também adotou a teoria da pangênese, assim como as ideias sobre a transmissão das características em 1859, nas suas explicações sobre a evolução.

Já para Aristóteles (384-322 a.C.) existia uma base física da hereditariedade no sêmen produzido pelos pais. Essa ideia foi fundamental para o desenvolvimento posterior da Genética, pois a partir da sua proposição passou-se a considerar a hereditariedade como resultado da transmissão de algum tipo de substância pelos pais. O termo “sêmen” foi usado por Aristóteles com o sentido de semente. Atualmente, o termo correspondente seria gametas, cujo papel na reprodução só foi estabelecido em meados do século XIX.

Aristóteles conhecia a hipótese da pangênese e apesar de relacionar argumentos importantes que apoiavam a pangênese como uma hipótese plausível, ele a rejeitou. Algumas características não estruturais, como a voz ou o jeito de andar, que eram herdadas levaram Aristóteles a se perguntar como essas características poderiam produzir material para o sêmen. Além disso, filhos de pais com cabelos e barbas grisalhos não são grisalhos ao nascer.

As evidências mais importantes que refutaram, tanto a pangênese de Hipócrates, como a de Darwin, cerca de dois mil anos mais tarde, estavam ligadas a não transmissibilidade das mutilações; plantas mutiladas produziam descendência perfeita, assim como homens que haviam perdido partes do corpo. Além disso, havia ainda o poderoso argumento de que se o pai e a mãe produzem sêmen com partículas precursoras de todas as partes do corpo, não deveria se esperar que os descendentes tivessem duas cabeças, quatro braços, etc.?

Aristóteles era um cientista à frente do seu tempo. Ele propôs uma hipótese, que embora vaga, foi por muito tempo considerado verdadeiro acima de qualquer

suspeita. Pode-se constatar que nenhum avanço relevante, em termos de transmissão das características hereditárias, foi alcançado até o final do século XIX, ou seja, a compreensão da hereditariedade não progrediu entre Aristóteles (384-322 a.C.) e Gregor Mendel (1822-1884).

Não se deve deixar de citar Platão (428/427-347 a.C.) que, embora não conhecesse a causa dos problemas quando se cruzam indivíduos consanguíneos ou da endogamia, já defendia que os indivíduos deveriam buscar seus diferentes, não no aspecto físico apenas, mas também nos aspectos morais e éticos. Platão observava que os seres humanos escolhiam pessoas com características semelhantes para procriar e que esse fato poderia “enfraquecer” gerações futuras, ou seja, ele já defendia o que hoje conhecemos como variabilidade genética e sabemos quão importante ela é. Percebemos aí as primeiras ideias da eugenia defendendo a escolha do cônjuge com o objetivo de aprimorar o ser humano. Temos que deixar claro que para Platão, não eram os atributos físicos e raciais que deveriam ser levados em conta, mas sim as características do caráter e a intelectualidade.

A viagem por essa parte da História que ajuda a compreender a construção do saber científico pode ser muito mais ampla e enriquecida com literatura grega, onde conceitos de genética assumem importantes papéis. Basta que o professor tenha condições de pesquisar e aplicar o incentivo a esse tipo de leitura, o que nas escolas, pode ter papel interdisciplinar, unindo outras áreas do conhecimento.

A Idade Média pode ser caracterizada por pouca menção à hereditariedade e pela manutenção de duas linhas de pensamento: epigênese e pré-formação. O que se entendia é que para formar clãs, tribos e castas a ideia de parentesco era ainda mais forte, explicava até a herança de qualidades e de poder. Chegando ao Cristianismo com a doutrina da igualdade como direito natural, mas que não excluiu abusos para que reis e Papas se mantivessem no poder, não por questões genéticas, hereditárias, mas também por concessão divina. Mais recentemente, final do século XIX, a hereditariedade tem foco nas questões médicas, no que se refere a doenças que por não serem possíveis de cura, poderiam ser hereditárias. Esse é um ponto fundamental a ser discutido em sala de aula, porque se referia às doenças que naquela época eram tidas como hereditárias e ainda não tinham cura. Era, por exemplo, dizer que tuberculose é doença transmissível por genitores, isso poderia facilitar ainda mais a disseminação da doença pela sua alta taxa de contágio.

Usando como exemplo os casos de demência, chegou a ser sugerido que pessoas não se casassem e tivessem filhos com alguém que tivesse na família um membro com problemas psíquicos. Todo esse desconhecimento das leis da hereditariedade levou ao fixíssimo de que algumas doenças eram incuráveis por serem da própria constituição do indivíduo e que sendo assim, a natureza se valia de reverter o tipo e preservar a espécie de modo que as alterações fossem impedidas de se acumular e influenciar negativamente a “qualidade” genética da espécie.

Depois desse levantamento histórico é que Mendel deveria ser apresentado. E não apenas como podemos perceber na maioria dos livros didáticos, onde se cita em poucas linhas sua bibliografia fazendo referência a ele apenas como um monge recluso, mas sim apresentar o momento histórico em que Mendel viveu, como ele chegou a um mosteiro, quais eram suas aptidões, seus interesses. Acredito ser necessário mencionar a vida de Mendel com mais detalhes. Mendel pertenceu a uma família de humildes camponeses, por aí já podemos deixar claro que agricultura estava presente no seu cotidiano desde cedo. Nasceu na região de Troppau (hoje Opava) na Silésia, que então pertencia a Áustria. Desde sua infância, mostrou-se inteligente e costumava observar as plantas. Por se apresentar notável em seus estudos fez com que a família o incentivasse a seguir com os estudos superiores e só mais tarde, aos 21 anos, é que Mendel entrou num mosteiro da Ordem de Santo Agostinho, porque sua família já não tinha mais dinheiro para suportar os custos dos estudos. Foi só então, respeitando o costume da época que seu nome mudou de Johann Mendel para Gregor Mendel. No mosteiro, Mendel era responsável pela supervisão dos jardins. Seus estudos foram além do monastério, ele estudou ainda durante dois anos no Instituto de Filosofia de Olmütz e na Universidade de Viena. (PAGAN, 2013)

De 1843 a 1854 tornou-se professor de ciências naturais na Escola Superior de Brno, dedicando-se ao estudo do cruzamento de muitas espécies: feijões, chicória, bocas-de-dragão, planta frutíferas, abelhas, camundongos e principalmente ervilhas cultivadas na horta do mosteiro onde viveu analisando os resultados matematicamente, durante cerca de sete anos. Gregor Mendel, "o pai da genética", como é conhecido, foi inspirado tanto pelos professores como pelos colegas do mosteiro que o pressionaram a estudar a variação do aspecto das plantas. Propôs que a existência de características (tais como a cor) das flores é

devida à existência de um par de unidades elementares de hereditariedade, agora conhecidas como genes.

Mas Mendel não se interessou apenas nas plantas, ele também era meteorologista e estudou as teorias da evolução. Ao longo da sua vida foi membro, diretor e fundador de muitas sociedades locais:

- ✓ Diretor do Banco da Morávia;
- ✓ Fundador da Associação Meteorológica austríaca;
- ✓ Membro da Real e Imperial Sociedade da Morávia e Silésia para melhor agricultura.

Durante a sua vida, Mendel publicou dois grandes trabalhos agora clássicos: "Ensaio com plantas híbridas" (*Versuche über Pflanzenhybriden*), que não abrangia mais de trinta páginas impressas e "Hierácias obtidas pela fecundação artificial".

Foi em 1865 que Mendel formulou e apresentou em dois encontros da Sociedade de História Natural de Brno as leis da hereditariedade, hoje chamadas *Leis de Mendel*, que regem a transmissão dos caracteres hereditários. Após 1868, as tarefas administrativas mantiveram-no tão ocupado que não pode dar continuidade às suas pesquisas, vivendo o resto da sua vida em relativa obscuridade.

Morreu a 6 de Janeiro de 1884, em Brno, no antigo Império Austro-Húngaro, hoje República Checa, de uma doença renal crônica; um homem à frente do seu tempo, mas ignorado durante toda a sua vida. (PAGAN 2013)

### **3.2 BIOÉTICA NO ENSINO MÉDIO**

Quando pensamos na genética com todos seus aspectos e fazemos essa retrospectiva, chegamos à nossa época, nosso momento e toda sua carga tecnológica, com o poder elevadíssimo de manipular a natureza e a vida humana. Aí entra a Bioética. Não precisamos ir muito longe pra compreender que mais que um termo introduzido pelo biólogo Rensselaer Potter em 1971 em seu livro "Bioética: A ponte para o futuro" (OLIVEIRA, 1997) a bioética busca respostas para questões que abrangem diversas áreas do conhecimento.

Os desafios não são poucos, a bioética atinge várias áreas do conhecimento, mas é principalmente a Genética que favorece a discussão de temas que podem

levar os educandos a desenvolverem valores relacionados à sua cidadania. Sabemos que não é fácil para o professor discutir questões bioéticas em sua sala de aula. Bryce e Gray (2004) destacam as dificuldades: falta de tempo e interesse de apenas ensinar conceitos de ciências, como se fossem descolados das relações sociais de produção, desconforto em se expor, medo em não apresentar os fatos, mas apenas suas opiniões.

Sabemos que nem mesmo as Universidades suprem a carência de se discutir Bioética, geralmente se limita a estudar o código de ética das profissões da área de saúde. O que nós professores podemos fazer para conseguir trabalhar Bioética em sala de aula?

*As discussões em torno de temas educacionais geralmente deparam-se num aspecto comum de debate: encontrar uma forma única e infalível de ensinar. O professor que se depara cotidianamente com essa incógnita precisa reconhecer que as oportunidades são construídas diariamente e na mesma proporção em que são pretendidas. Há que se estabelecer que é quase impossível ensinar alguém argumentar, mas criar um espaço próprio e oportuno à argumentação é possível em sala de aula. (WILGES, 2007, p.38.)*

É com essa afirmação, a de que precisamos dar oportunidades às discussões sobre temas tão polêmicos de Biotecnologia, que geralmente se apresentam nos livros didáticos apenas como textos complementares e por esse motivo passam despercebidos. Temos que planejar espaços onde podemos trazer à tona não só temas atuais da moderna Engenharia Genética, mas também fatos históricos que puseram em cheque até que ponto o conhecimento científico contribui apenas para o bem estar do ser humano. Sugiro que analisemos uma parte dolorosa da história e da ciência, onde a “redescoberta” das Leis de Mendel no início do século XX estimulou muitos cientistas, que por aceitarem hipóteses de que qualidades intelectuais eram hereditárias, comprovadas pela genética mendeliana, puderam inspirar e justificar uma Legislação restritiva que perdurou por anos em vários estados norte-americanos.

Também nessa época, em países do hemisfério norte, principalmente na Alemanha, surge cientistas importantes conhecidos como eugenistas. Muitos são os fatos desprezíveis e chocantes que marcam esse período da História humana recente, mas o que é mais lembrado e repudiado é o Holocausto. Aqui nós podemos

fazer uma ponte com várias disciplinas e a partir deste fato trabalhar a Bioética de forma interdisciplinar ou transdisciplinar.

*A bioética pretende para si uma abordagem interdisciplinar. Não sozinha, onde um privilegiado se aproveita das informações vindas de outras ciências, mas em um sentido amplo, preciso, da colaboração e da interação das diversas ciências, para analisar as questões concretas de maneira total, e, assim, encontrar soluções adequadas. (DURAND, 1995,p.19-20.)*

Percebemos que para o sucesso de uma boa discussão deste tema é necessário uma abordagem direcionada, com muito discernimento por parte dos professores de modo a contribuir no processo de desenvolvimento de valores dos educandos.

### **3.3 ANALOGIAS NO ENSINO DE BIOLOGIA**

Em se tratando da questão da dificuldade que alguns conteúdos trazem, por si só ou pela falta de um caminho facilitador que não aparece nos livros didáticos é que o professor de Biologia tem que usar sua criatividade em criar alternativas ou analogias para aproximar o saber científico complexo a um conhecimento efetivo e significativo.

Apesar das diferenças, em todas as definições se reconhece que a analogia envolve o estabelecimento de comparações ou relações entre o conhecido e o pouco conhecido ou desconhecido. Com isso:

“Os conceitos metafóricos estão de tal modo arraigados a nossa cultura, que estruturam nossas atividades diárias e científicas de forma imperceptível e inconsciente; são, aliás, constitutivos da forma de pensar e agir de uma época” (CORACINI, 1991, p.138).

Na síntese de proteínas, podemos usar fluxogramas para comparar a atividade celular a de uma confeitaria. O exemplo que segue abaixo foi elaborado por mim como meio de facilitar a compreensão do conteúdo.

Podemos comparar a Síntese de proteínas com as atividades de uma confeitaria por exemplo. Onde o dono do estabelecimento (DNA) é quem determina o que deverá e poderá ser produzido. Porém, esse “dono” ou “presidente” da tal

confeitaria (CÉLULA) não chega a por a “mão na massa” ele passa essa tarefa aos seus subordinados (mRNA) contratados “escolhidos” por ele inclusive. Todas as informações necessárias para produzir a encomenda (PROTEÍNA) saem da ordem desse presidente (DNA) e são fielmente cumpridas pelos subordinados.

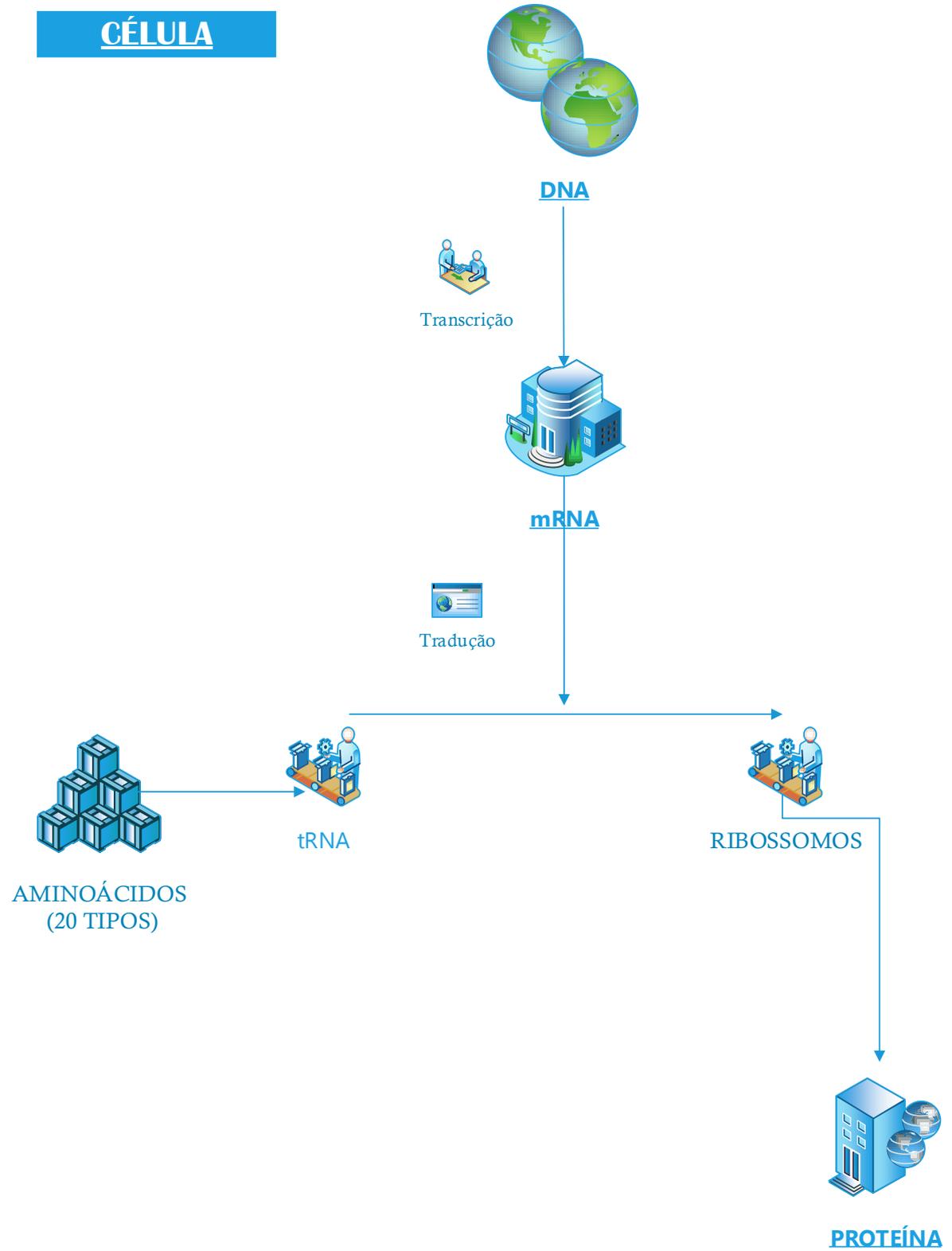
Após receber as ordens (TRANSCRIÇÃO) o gerente (mRNA) sai da sala do presidente (NÚCLEO DA CÉLULA) e se encaminha para a cozinha (CITOPLASMA) da confeitaria (CÉLULA) a fim de repassar e cumprir as ordens estabelecidas para a confecção do “bolo” (PROTEÍNA). Na cozinha (CITOPLASMA), o gerente (mRNA) conta com o trabalho de dois grupos de funcionários, os confeitários (RIBOSSOMOS) e os ajudantes de cozinha (tRNA), ambos “selecionados” pelo mesmo chefe (DNA).

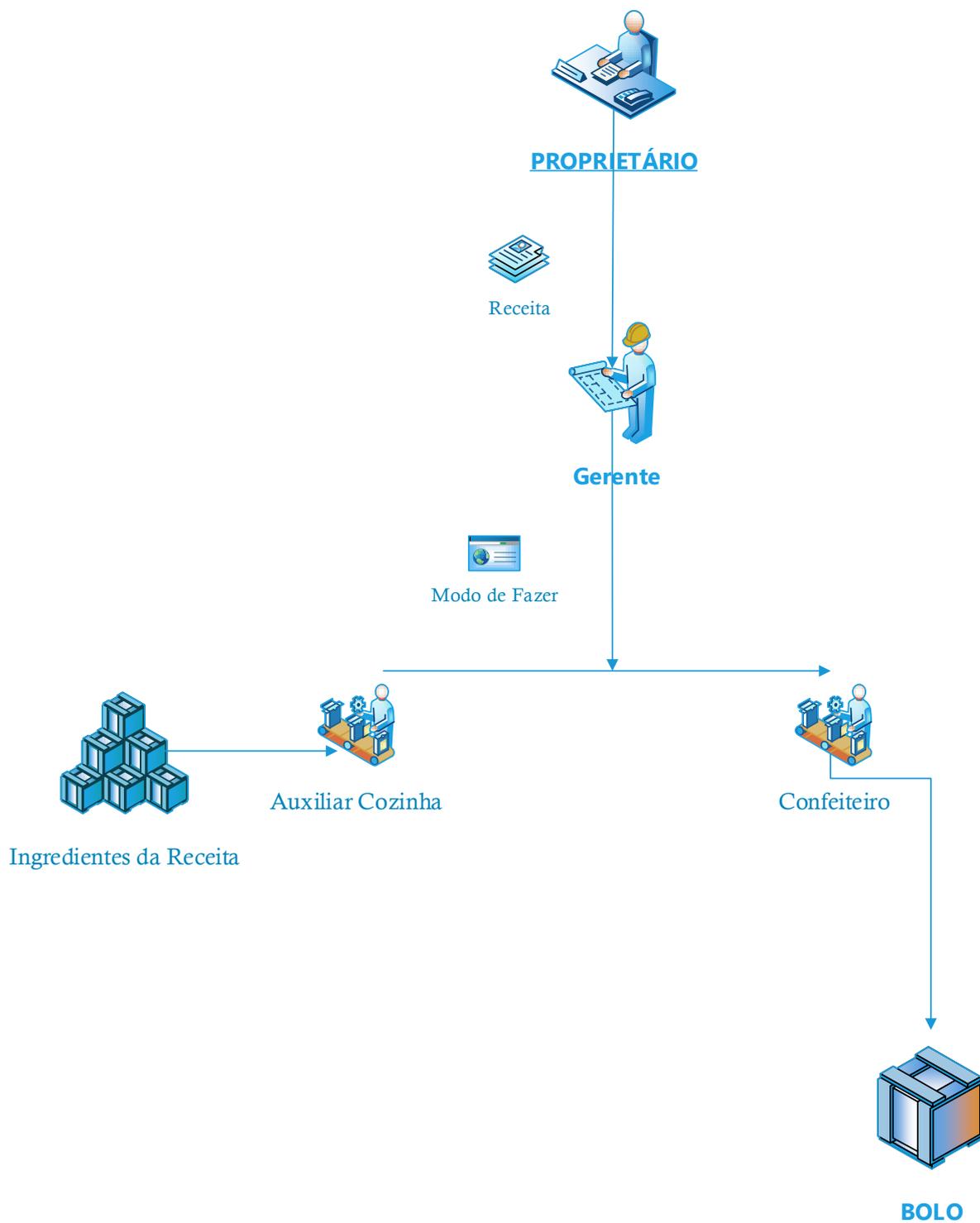
A encomenda já foi feita, a ordem passada para o gerente, resta agora o “bolo” ser elaborado na cozinha da confeitaria.

O gerente (mRNA) tem a receita e a partir daí, os confeitários (RIBOSSOMOS) começam a seguir o roteiro dessa receita. Contam para isso, com os ajudantes de cozinha (tRNA) para trazer os ingredientes (AMINOÁCIDOS) que fazem parte dessa receita e adiciona-los na ordem pré determinada, já que alterar a ordem ou pular algum ingrediente (AMINOÁCIDO) pode fazer com que o “bolo desande” (PROTEÍNA mutante) com isso, a atividade da confeitaria (CÉLULA) pode ser comprometida.

É importante ressaltar que as células produzem proteínas que contêm aminoácidos em uma sequência determinada. Imagine, por exemplo, que em um dado momento uma célula da epiderme de sua pele produza uma proteína diferente. Suponha também que essa proteína seja uma enzima que atue em uma reação química que leva a produção de um pigmento azul em vez do pigmento normalmente encontrado na pele, a melanina. Essa célula se multiplica e de repente aparece uma mancha azulada em sua pele. Provavelmente essa proteína poderá ter sofrido uma alteração em sua sequência de aminoácidos, tendo havido a substituição de um aminoácido por outro, o que acarretou uma mudança em seu mecanismo de atuação e, como consequência levou à produção de um pigmento de cor diferente.

## FLUXOGRAMAS COMPARATIVOS



**CONFEITARIA**

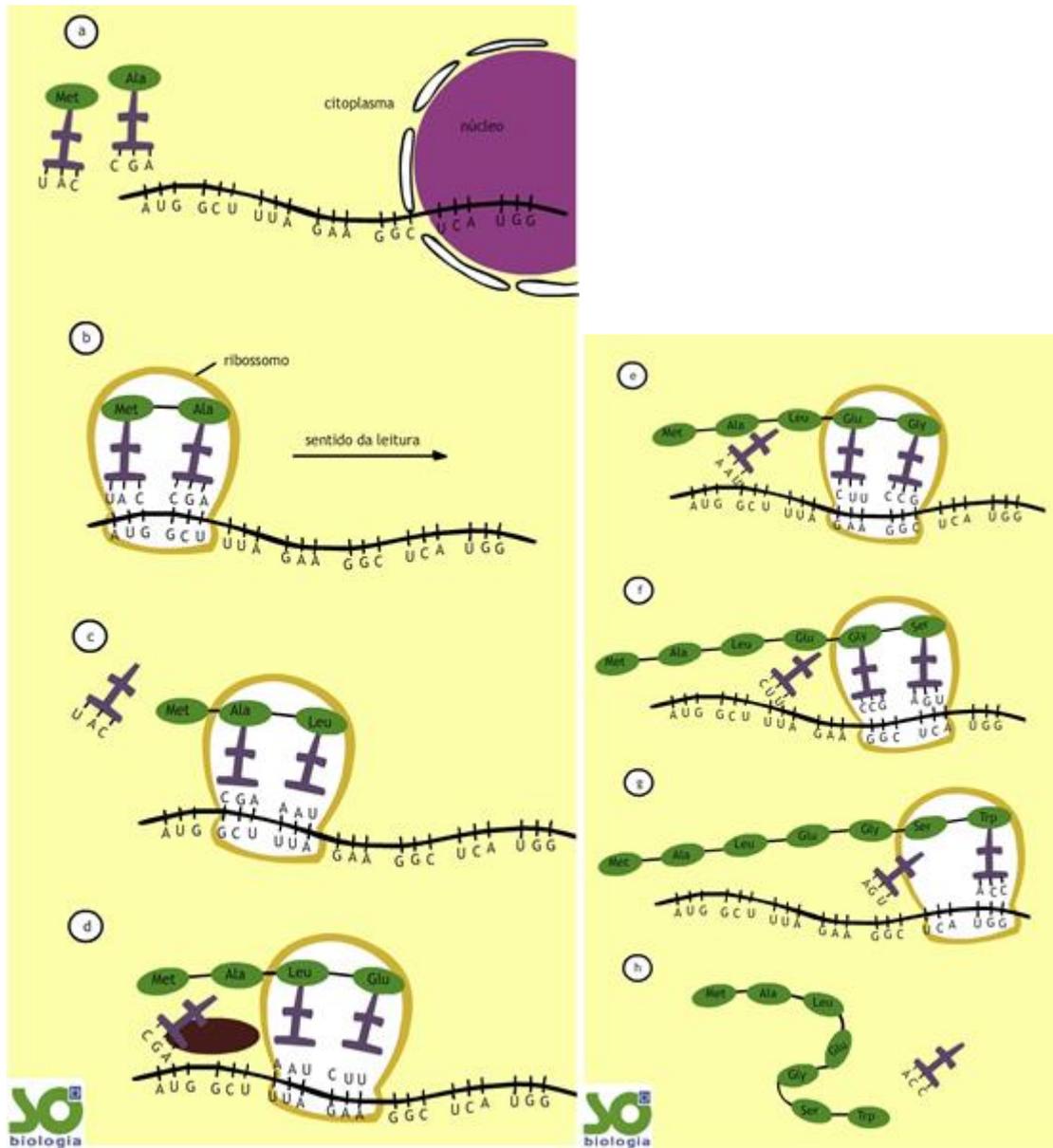


FIGURA 4

[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico)

Um polirribossomo em que a síntese de proteínas está ocorrendo

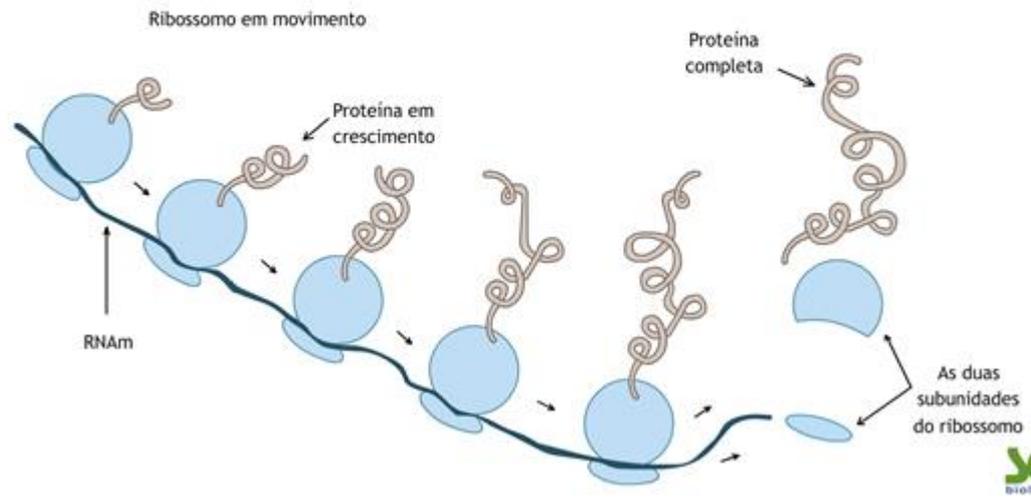


FIGURA 5

[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico)

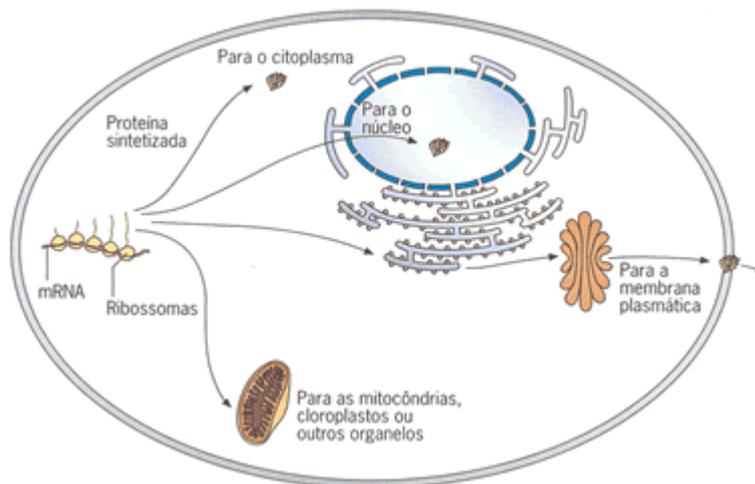


FIGURA 6

[www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico)

TABELA CODON (RNA <sub>m</sub> ) AMINOÁCIDO																
SEGUNDA BASE																
		U		C		A		G								
		UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	LEGENDA					
	U	UUC		UCC		UAC		UGC							C	Ala
P		UUA	Leu	UCA	Pro	UAA	Fim	UGA	Fim	A	T	Arg	Arginina	Leu	Leucina	
R		UUG		UCG		UAG		UGG	Tryp		G	E	Asp	Aspartato	Lys	Lisina
I		CUU	Leu	CCU	Thr	CAU	His	CGU	Arg	U	R	AspN	Asparagina	Met	Metionina	
M	C	CUC		CCC		CAC				CGC		C	C	Cys	Cisteína	Pro
E		CUA		CCA		CAA	Gln	CGA			A	E	Phe	Fenilalanina	Tyr	Tirosina
I		CUG		CCG		CAG				CGG		G	I	Gly	Glicina	Thr
R		AUU	Ileu	ACU	Thr	AAU	AspN	AGU	Ser	U	R	Glu	Glutamato	Tryp	Triptofano	
A	A	AUC		ACC		AAC				AGC		C	A	Gln	Glutamina	Ser
		AUA		ACA		AAA	Lys	AGA		Arg	A		His	Histidina	Val	Valina
B		AUG	Met/Ini	ACG	AAG	AGG			G		B	Ini	Inicio	Fim	Término	
A		GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U	A					
S	G	GUC		GCC		GAC				GGC		C	S			
		GUA		GCA		GAA	Glu	GGA			A	E				
E		GUG		GCG		GAG				GGG		G				

TABELA 1 – AMINOÁCIDOS E CÓDONS CODIFICADORES

<http://marao21.blogspot.com.br/2008/08/tabela-codon-aminocido>

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir com a análise dos livros didáticos que os fatos científicos estudados ocorrem sem conexão entre eles, isolados. E sem levar em conta o conhecimento que se tinha na determinada época e ainda, sem fazer referência da organização das sociedades, os aspectos políticos e tecnológicos. Não traz, por exemplo, a discussão entre as ideias evolucionistas de Charles Darwin e as teorias de Mendel.

Não é referenciada a trajetória dos conceitos de hereditariedade desde os primórdios da humanidade, passando pelos grandes pensadores gregos e a fatos desastrosos que os seres humanos estiveram sujeitos por conta a de conclusões equivocadas sobre a superioridade de raças.

A imagem de Mendel é de um monge, que trabalhando isoladamente em um mosteiro realizou experimentos com ervilhas e descobriu por dados estatísticos as leis da hereditariedade. Em nenhum dos livros é mencionado que a polinização cruzada já era utilizada pelos agricultores. Dá-se a impressão de que Mendel teve essa ideia para poder observar as características transmitidas de geração em geração.

Se levarmos em conta a Bioética, os textos trazidos não estão em um contexto do conteúdo, que é enfatizado muito mais de forma técnica. Geralmente a bioética é tratada no que se refere à biotecnologia como transgênicos, células tronco e clonagem. Não se levanta uma reflexão ou abre espaço para uma discussão sobre o tema. Mais uma vez, o que se mostra são as técnicas, e não como esses experimentos ou terapias afetam ou podem vir a afetar a vida humana.

A própria reflexão sobre a trajetória da história da genética e da hereditariedade, já abre caminho para debates sobre temas polêmicos que passam pela Biotecnologia, pelos meios que a ciência usa pra defender e provar suas teorias, pelos conceitos errôneos de exclusão sem levar em conta os Direitos Humanos. Conforme citado neste texto, oportunizar espaço para debates é favorecer o pensamento crítico e a argumentação sobre a Bioética.

Alguns conteúdos que deveriam apresentar-se antes mesmo de citar conceitos de primeira lei de Mendel, como por exemplo, a síntese de proteínas e ainda, de forma facilitada para uma plena compreensão, nem se quer são citados. Utilizar analogias, metáforas e modelos como recurso didático se mostra muito válido no processo de reconstrução do conhecimento científico pelos estudantes com apresentação de resultados promissores.

## REFERÊNCIAS

BOTTEGA K, Aline ;PANSERA DE A., Maria C. A história da ciência e a bioética no ensino de genética. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Departamento de ciências da vida. Santo Augusto, RS.Genética na Escola, vol.8/Nº2, 2013

FRIGO F., Daniela; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo: O uso espontâneo de analogias por professores de biologia- observações da prática pedagógica.Depto. Metodologia do Ensino, UFSM - ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências Volume 04 / Número 2 – dezembro de 2002.

HOFMANN,B. Marilisa; SCHEID, J. Neusa Maria: Analogias como ferramentas didáticas no ensino de biologia. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus de Santo Ângelo-RS, 2012.

SOARES, J. L. Biologia no Terceiro Milênio. São Paulo: Scipione, 1999.

LINHARES,S.; GEWANDSNAJDER, F. *Biologia Hoje: genética, evolução e ecologia*. São Paulo: Ática, 1998. 432p.

LOPES, S.; ROSSO, S. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2005, 480p.

MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o ensino de biologia. *Ciência e Ensino*, Campinas, n.5, p.18-21, dez. 1998.

.

PAGNAN, Nina Amália Brancia: Bases históricas e conceituais da Genética. Setor de Ciências Biológicas – Coordenação de integração de políticas de educação a distância. UFPR , Curitiba, Pr. 2013.