

## IDÉIAS SOBRE GENES EM REVISTAS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E EM GLOSSÁRIOS VIRTUAIS

### IDEAS ABOUT GENES IN POPULAR SCIENCE MAGAZINES AND INTERNET GLOSSARIES

Tânia Goldbach<sup>1</sup>  
Charbel El-Hani<sup>2</sup> e Roberto Cintra Martins<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Federal de Educação Tecnológica de Química – RJ – Programa de Pós Graduação *Lato sensu* Ensino de Ciências - Doutoranda COPPE-UFRJ – [tania@cefeteq.br](mailto:tania@cefeteq.br)

<sup>2</sup>Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, UFBA/UEFS. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, UFBA – [charbel@ufba.br](mailto:charbel@ufba.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Mestrado e Doutorado da COPPE – UFRJ [rcintramartins@yahoo.com.br](mailto:rcintramartins@yahoo.com.br)

#### Resumo

Este trabalho trata da análise das idéias sobre gene contidas em matérias de revistas de divulgação científica brasileiras representativas (Ciência Hoje, Galileu e Super-Interessante) e em glossários existentes na Internet. Damos atenção especial a elementos relativos ao paradigma interacionista, e destacamos diferentes metáforas utilizadas nas matérias analisadas. O trabalho traz contribuições empíricas para os debates atuais no campo da filosofia da biologia sobre o conceito de gene e elementos para a discussão sobre como este conceito deve ser abordado na educação científica. Espaços escolares e de divulgação científica têm um papel importante a desempenhar no que diz respeito ao questionamento ao conceito molecular clássico de gene (CMCG), ainda predominante na ciência escolar. Tal enfoque favorece uma abordagem simplificadora do papel dos genes nos sistemas genômicos e celulares, no desenvolvimento e na relação genótipo-fenótipo, levando a uma apreensão pouco crítica das possibilidades de manipulação e intervenção no material genético.

**Palavras-chave:** conceito de gene, revistas de divulgação científica, glossários na internet, ensino de genética.

#### Abstract

In this paper, we analyze ideas about genes found in articles published in Brazilian popular science magazines (Ciência Hoje, Galileu e SuperInteressante) and in glossaries in the World Wide Web. We focus particularly on elements related to the interactionist paradigm and point out different metaphors used in this thematic. This article contributes to the current debates in philosophy of biology about the gene concept and to the discussion about how this concept should be addressed in science teaching. Schools and popular science works have an important role to play as regards the questioning of the classical molecular gene concept (CMGC), still predominant in school science. This approach favors a simplistic view about the role of genes in genomic and cellular systems, and in development, as well as the genotype-phenotype relationship leading to less critical understanding of the prospects for manipulating and intervening on the genetic material.

**Keywords:** gene concept, popular science magazines, World Wide Web glossaries, genetics teaching.

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este artigo relata resultados obtidos em investigação estimulada pelas experiências da primeira autora como professora de Ensino Médio, relacionadas, em particular, com seu envolvimento em um curso técnico em biotecnologia e em cursos para professores de biologia. Ao tratar da temática hereditariedade-gene-genética, traçando um histórico da idéia de gene e analisando como esta idéia foi explorada em livros didáticos do ensino secundário, em quatro períodos da história da educação no Brasil [1\*], Reznik (1995) destacou que:

a) os vários aspectos referentes à temática são tratados, nos livros analisados, de forma fragmentada, espalhando-se em capítulos/volumes diferentes e em séries distintas;

b) existe um grande descompasso entre o conhecimento cientificamente estabelecido na academia sobre genes e o conhecimento escolar encontrado nos livros didáticos [2\*]. Por exemplo, a idéia de gene na perspectiva molecular, associado a certo trecho de DNA, que começou a se estabelecer desde os idos dos anos 1950 na comunidade científica, somente aparece em livros da década de 1970 e, mesmo assim, não se encontra inserido no contexto da genética até mesmo em livros da década de 1980. Nos livros das décadas de 1970 e 1980, os capítulos referentes à genética mantêm a perspectiva anterior, do gene como um colar de contas nos cromossomos, sem incorporar sua interpretação molecular. Exceções a esse descompasso podem ser destacadas em alguns livros, nos diferentes recortes temporais, cujos autores possuem envolvimento com pesquisa na área biológica. Nestes, a distância encontrada entre conhecimento acadêmico e ciência escolar é menor, além de ser observado um maior cuidado com a descrição do processo da produção do conhecimento, e não somente com a valorização e anúncio de seus resultados ou produtos. Foi destacado que os livros recentes não incorporam as considerações e críticas contemporâneas ao conceito molecular clássico de gene (CMCG), tendo algumas exceções que as apresentam de forma tímida.

Este segundo aspecto (b) iluminou estas pesquisas posteriores, nas quais duas importantes questões estão em jogo:

1) a transposição didática/recontextualização didática – considerando que o conhecimento escolar não é, não pode e nem deve ser uma mera adequação do conhecimento acadêmico/universitário/disciplinar [3\*].

2) a formação dos professores no que diz respeito às possibilidades de atualização e formação continuada, assim como seus contatos e usos de recursos didáticos disponíveis.

Este trabalho enfoca este último aspecto. Nosso objetivo é investigar quais são as idéias predominantes sobre genes e a maneira como estas são abordadas em dois instrumentos crescentemente disponíveis para os professores:

I - Revistas de divulgação científica de circulação nacional

II - Glossários em sítios referenciados na Internet.

Este trabalho expressa um esforço em confrontar os resultados desta pesquisa – em andamento - com uma rica bibliografia recente no campo da filosofia da biologia e inúmeras novidades na área da biologia molecular, conforme indicada nas notas [4\*] e [5\*].

A idéia de gene na perspectiva interacionista busca superar a simplificada e ainda corriqueira concepção molecular clássica de gene (CMCG), reconhecida na perspectiva molecular. Nesta nova perspectiva interacionista, os genes são concebidos como participando de uma complexa rede de interações com elementos da célula e do ambiente, mostrando-se tão “determinadores” das características genéticas como “determinados” pelas condições de seu entorno. Esta idéia busca incorporar importantes e novos conhecimentos advindos do avanço da biologia molecular e da genômica, como trataremos adiante.

Vale ressaltar que a temática **hereditariedade** e assuntos relacionados são uma das mais exploradas na mídia e em espaços dedicados à divulgação da ciência. Investigar como estes espaços estão trabalhando com o conceito de gene é um exercício fundamental.

As três últimas décadas têm sido palco de uma explosão de novidades apoiadas no avanço dos conhecimentos e das técnicas de biologia molecular. Podemos encontrar, em títulos de obras importantes, expressões como “século do gene” (Keller, 2000), “século da biotecnologia” (Rifkin, 1999), “civilização do gene” (Gros, 1989), para designar estes nossos tempos. Massarani (2001) indica, por exemplo, que matérias relativas ao sequenciamento genético ocuparam 77,9% dos artigos de ciência da mídia no ano de 2000.

Em nossa pesquisa foram destacados dois grandes temas, os quais foram utilizados como recorte para escolha dos períodos analisados (1997, 2001 e 2003): 1) **a clonagem de mamíferos a partir de células diferenciadas**: incluindo o sucesso da Dolly; seus potenciais desdobramentos no campo aplicado, por exemplo, com a Polly; seu impacto no conhecimento sobre retorno ao estado de totipotência; e as discussões éticas sobre a aplicação da técnica em humanas; 2) **os Projetos Genomas** – com ênfase no Projeto Genoma Humano (PGH) –, que vêm reunindo inúmeros dados sobre as sequências de DNA; permitindo comparações entre genomas; identificação de genes; de sequências reguladoras, etc.

A ressonância do primeiro tema na mídia foi algo espetacular, especialmente por tocar de forma direta no imaginário popular relativo a esta idéia, misturando desde elementos da ficção científica até elementos psicanalíticos, ligados à possibilidade da continuidade de um indivíduo em outro. Já o segundo, além de respaldar a beleza da idéia da unidade entre os seres, foi explorado pela mídia como uma ampliação de possibilidades em relação às conquistas do conhecimento e das aplicações tecnológicas, tal como a chegada do homem à lua. Vale destacar que, sem dúvida, os resultados dos Projetos Genomas têm confirmado e trazido à tona inúmeros aspectos da arquitetura genômica que vêm abalando a concepção molecular clássica de gene (CMCG), sendo a diminuição da estimativa quantitativa de genes no genoma humano uma das mais comentadas.

Outra recente evidência da prevalência da temática hereditariedade-gene-genética - determinação e desenvolvimento das características, é a recente matéria da *Science*, em seu número comemorativo de julho de 2005, coroando os 125 anos da revista, onde foram apontadas 125 perguntas fundamentais a serem respondidas pela ciência, no futuro. Destas, 25 são consideradas as mais importantes, e dentre destas podemos destacar 10 que estão relacionadas com a temática: “*Por que os humanos têm tão poucos genes?*”, “*Até que ponto há um elo entre variação genética e saúde?*”, “*Quanto a vida humana pode ser aumentada?*”, “*O que controla a regeneração de órgãos?*”, “*Uma célula de pele pode virar um neurônio?*”, “*Como uma única célula "adulta" pode gerar uma planta inteira?*”, “*O que determina a diversidade das espécies?*”, “*Que mudanças genéticas nos tornaram humanos?*”, “*Como dar abrangência às descobertas da biologia molecular?*”, “*Podemos desligar seletivamente respostas imunológicas?*”. (Science, July 2005)

## **METODOLOGIA:**

Este trabalho relata resultados obtidos na análise de três revistas de divulgação científica brasileiras (Ciência Hoje, Galileu e SuperInteressante), nos anos de 1997, 2001 e 2003, anos relativos, respectivamente, ao anúncio da Dolly, do rascunho e dos resultados finais do PGH, como já justificado anteriormente [6\*]. A escolha deste instrumento educativo se justifica pela constatação do papel que as revistas de divulgação têm desempenhado como recurso de atualização de conteúdos/abordagens para professores de ciências, sendo muitas vezes, também indicadas para seus alunos. O uso de revistas de divulgação é recomendado, inclusive, em documentos oficiais, como por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999). Graças à sua periodicidade de publicação e agilidade jornalística, atuam como divulgadoras dinâmicas das “novidades” das diferentes áreas científicas, incluindo a temática da herança e biotecnologia.

Buscou-se reconhecer nas matérias analisadas, isto é, naquelas que tratam da temática gene-hereditariedade-desenvolvimento das características, a presença de **elementos que aproximam a idéia de gene à perspectiva interacionista**, assim como destacar e analisar as diferentes **metáforas** encontradas sobre esta unidade.

Além disso, comunicamos aqui resultados da análise de **definições do verbete gene** em 27 sítios nacionais e não-nacionais significativos. Foram feitas buscas a partir de referências (indicadas pelo IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em C&T e sistema PROSSIGA-CNPq) e encontradas em importantes instrumentos de procura na rede, assim como em sítios de projetos de amplo alcance, como é o caso do Human Genome Project e outros possuidores de uma interface educativa.

O uso crescente da Internet, por professores e alunos, justifica a escolha deste instrumento para discutir e analisar como o conceito de gene vem sendo abordado. A difícil tarefa de produzir verbetes sintéticos traduz uma eleição implícita dos principais elementos que se quer destacar nos conceitos trabalhados. Buscamos, então, reconhecer estes elementos, para analisá-los frente às diferentes abordagens presentes na bibliografia sobre o conceito de gene.

## **RESULTADOS, COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES:**

### **1 – REVISTAS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**

As revistas analisadas possuem características próprias, no que diz respeito às suas tiragens e distribuição, linhas editoriais, estrutura interna, autoria das matérias que são elementos a serem considerados. Apesar de reconhecermos que estes são elementos que influenciam na abordagem do assunto analisado, não é nosso objetivo tratá-los neste trabalho.

O Quadro 1 resume o conjunto de matérias analisadas nos períodos escolhidos [7\*]. A abreviatura de cada matéria simboliza revista-mês/ano-número do registro e tipo da matéria.

Para direcionar nossa análise, estão marcados em negrito no Quadro 1 as matérias nas quais foram reconhecidos elementos “atualizadores” da idéia de gene, aproximando-se a perspectiva interacionista. Note-se que, apesar da presença de tais elementos, a idéia central sobre os genes – e sobre DNA – como elementos determinantes e controladores das características dos indivíduos é a que prevalece, como pode ser observado no Quadro 2 e nas análises que se seguem, em particular, por meio do uso recorrente de certas metáforas e esquemas simplificadores. Isto é, o conceito molecular clássico de gene - CMCG - é a idéia que predomina na maioria das matérias analisadas.

#### **QUADRO 1: LEVANTAMENTO DE MATÉRIAS DAS REVISTAS ANALISADAS**

1997	GALILEU	CIÊNCIA HOJE	SUPER-INTERESSANTE
<b>Jan</b>		<b>CH-01-02/1997-r01A</b> CH-01-02/1997-r02A	
<b>Fev</b>	<b>GAL-02/1997-r01A</b>	CH-01-02/1997-r03A	<b>SI-02/1997-r01A</b>
<b>Mar</b>	GAL-03/1997-r02N	<b>CH-03/1997-r04A</b> <b>CH-03/1997-r05A</b> <b>CH-03/1997-r06A</b>	
<b>Abril</b>		CH-04/1997-r07A	SI-04/1997-r02A SI-04/1997-r03A
<b>Mai</b>	GAL-05/1997-r03A	CH-05/1997-r08A	
<b>Jun</b>		CH-06/1997-r09A	
<b>Jul</b>	<b>GAL-06/1997-r04N</b> GAL-07/1997-r05N		SI-07/1997-r04A
<b>Ago</b>		CH-08/1997-r10N <b>CH-08/1997-r11A</b>	SI-08/1997-r05N e r06N <b>SI-08/1997-r07-14A</b>
<b>Set</b>	GAL-09/1997-r06A	<b>CH-09/1997-r12N</b> CH-09/1997-r13A	SI-09/1997-r15N SI-09/1997-r16A
<b>Out</b>		<b>CH-10/1997-r14A</b>	
<b>Nov</b>	GAL-11/1997-r07N	CH-11/1997-r15N e r16N	SI-11/1997-r17A e r18N
<b>Dez</b>	GAL-12/1997-r08A	CH-12/1997-r17N e r18A	
<b>TOTAL 12/44</b>	<b>2 MATÉRIAS EM 8</b>	<b>7 MATÉRIAS EM 18</b>	<b>3 MATÉRIAS EM 18</b>
2001	GALILEU	CIÊNCIA HOJE	SUPER-INTERESSANTE
<b>Jan</b>	<b>GAL-01/2001-r01A</b> GAL-01/2001-r02A	<b>CH-01-02/2001-r01N</b> CH-01-02/2001-r02N	SI-01/2001-r01A
<b>Fev</b>	<b>GAL-02/2001-r03-09A</b>	CH-01-02/2001-R03N	SI-02/2001-r02A
<b>Mar</b>		CH-03/2001-r04N – r05n – r06A	SI-03/2001-r03-06A
<b>Abril</b>		<b>CH-04/2001-r07N</b> CH-04/2001-r08N	
<b>Mai</b>	GAL-05/2001-r10A	<b>CH-05/2001-r09N</b> <b>CH-05/2001-r10A</b> CH-05/2001-11N	
<b>Jun</b>		<b>CH-06/2001-r12A</b>	SI-06/2001-r07A
<b>*Jul</b>	GAL-07/2001-r11A <b>GAL-07/2001-r12A</b>	<b>CH-07/2001-r13A</b> <b>CH-07/2001-r14A</b>	SI-07/2001-r08A
<b>Ago</b>	GAL-08/2001-r13A	CH-08/2001-r15N-16N-17N-18N	SI-08/2001-r09A
<b>Set</b>		CH-09/2001-r19N	
<b>Out</b>	GAL-10/2001-r14-18A	<b>CH-10/2001-r20-23A</b>	
<b>Nov</b>		CH-11/2001-r24A	SI-11/2001-r10A
<b>Dez</b>	GAL-12/2001-r19N GAL-12/2001-r20N GAL-12/2001-r21A	CH-12/2001-r25A <b>CH-12/2001-r26A</b>	
<b>TOTAL 26/57</b>	<b>9 MATÉRIAS EM 21</b>	<b>12 MATÉRIAS EM 26</b>	<b>5 MATÉRIAS EM 10</b>

A – artigo, matéria grande assinada por jornalista da revista ou por pesquisador que contribui para a revista.

N – nota, pequena notícia em seções de textos rápidos, *box* em um artigo maior assinado por outro autor ou texto de seção: Leitor pergunta.

#### QUADRO 2: RELAÇÃO DE MATÉRIAS COM ELEMENTOS DA IDÉIA DE GENE INTERACIONISTA

REVISTAS	A - Número de matérias	B - Matérias que possuem	Relação percentual
----------	------------------------	--------------------------	--------------------

	analisadas	elementos do gene interacionista	B sobre A
GAL - 1997	8	2	37,9%
GAL - 2001	21	9	
CH - 1997	18	7	43,0%
CH - 2001	26	12	
SI - 1997	18	3	28,6%
SI - 2001	10	5	
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>38</b>	<b>37,6%</b>

Pode-se reconhecer, pelos percentuais grifados, que as revistas têm se apresentado como potenciais atualizadoras, confirmando nossa hipótese inicial, e que, dentre elas, a revista *Ciência Hoje* é a que apresenta maior percentual de elementos atualizadores. Vale considerar que esta revista tem como padrão oferecer matérias escritas diretamente por pesquisadores, com revisão jornalística, acompanhando, assim, de forma mais direta, os avanços das diferentes áreas científicas.

Abaixo, estão destacados, de forma agrupada, o que foram considerados **elementos referentes à idéia de gene interacionista** no Quadro 2 e as respectivas matérias nas quais eles foram abordados direta ou indiretamente:

- Idéia que as características, anomalias ou doenças não são tipicamente resultantes da ação de apenas um gene, mas de um conjunto deles – e seus produtos gênicos – em interação: SI-02/1997, SI-11/2001, GAL-02/1997, GAL-02/2001, GAL-07/2001, CH-01-02/2001, CH-03-04/1997, CH-05/2001, CH-07/2001, CH-12/2001.
- Reconhecimento da existência de regiões não-codificantes no interior de genes e no genoma, em termos mais gerais. Nesta categoria, incluímos *splicing* e *splicing* alternativo, o chamado “DNA-lixo”, e também a idéia que o número de genes e o número de proteínas de uma célula/organismo não são iguais: SI-08/1997, SI-08/2001, GAL-02/2001, GAL-07/2001, GAL-12/2001, CH-01-02/1997, CH-09/1997, CH-03/2001, CH-04/2001, CH-05/2001, CH-07/2001.
- Reconhecimento da presença de seqüências, tanto aquelas que estão juntas ou afastadas do trecho transcriptível do gene, e de fatores e elementos reguladores de genes ou conjunto de genes (homeobox, oncogenes, transposons, microRNA ou silenciadores), de natureza predominantemente endógena ou exógena: SI-01/2001, SI-11/2001, GAL-09/1997, GAL-01/2001, GAL-06/2001, CH-01-02/1997, CH-01-02/2001, CH-03/2001, CH-04/2001, CH-06/2001, CH-08/2001, CH-12/2001.
- Destaque ao fenômeno de *imprinting* genômico e epigenia, identificando elementos extra-DNA que influenciam em seu funcionamento, assim como de fatores pós-transcricionais e pós-traducionais. Todos eles influenciando o clássico fluxo molecular das informações genéticas, quando o DNA tem primazia e certa autonomia no processo: SI-07/2001, CH-01-02/1997, CH-03-04/1997, CH-11/1997, CH-10/2001, CH-12/2001.
- Ênfase na interação dinâmica entre genes e ambiente, seja intra ou extra-organismo. Observa-se crítica explícita à centralidade de genes, como seqüências lineares de DNA na explicação da vida: CH-01-02/1997, CH-12/2001.

Chamamos atenção para estes elementos, uma vez que os mesmos constituem uma importante base de conhecimentos, no campo da biologia, que têm alimentado as discussões sobre o que é um gene e a crise deste conceito, assim como iluminam questões referentes a centralidade da idéia de gene no entendimento da vida.

Muitos autores vêm criticando e mesmo denunciando um movimento de genetização da biologia, assim como uma tendência reducionista de explicação de certas características e manifestações hereditárias por meio de um enfoque exclusivamente gênico-molecular (ver, por exemplo, Lewontin, 1998, 2002; Hubbard & Wald, 1998; Nelkin & Lindee, 1995; Aldridge, 1999; Rifkin, 1999; Sarkar, 1999; Strohmman, 2003).

Além disso, a ênfase otimista das possibilidades de intervenção no material genético merece ser revista à luz destas críticas e de uma concepção menos instrumental do gene. As implicações sócio-econômicas desta questão devem ser levadas em conta. O advento e a crescente destinação de verbas para os Projetos Genomas geraram uma necessidade de justificação dos mesmos frente à sociedade, quando vem sendo praticada uma exacerbação das conseqüências positivas de tais projetos para a saúde humana, a produção agrícola etc. Em países do primeiro mundo, a febre de testes genéticos também se alastrou, alimentada pelo investimento dos setores farmacêuticos e da indústria da saúde (Nightingale & Martin, 2004).

Entendemos que a utilização da concepção molecular clássica de gene (CMCG) tende a reforçar ou mesmo a dar respaldo para estas abordagens simplificadas. Daí acreditamos ser fundamental a consolidação, no âmbito da divulgação científica e do saber escolar, da perspectiva interacionista do gene.

Em nossas pesquisas, buscamos também destacar as diferentes **metáforas** usadas para abordar a idéia de gene, assim como trechos que denotam identificação ou crítica ao reducionismo/determinismo/centralismo genético.

Nas matérias analisadas, os seguintes exemplos de metáforas podem ser apresentados: visão do **DNA** como **manual de instruções** (SI – 08/1997); o **genoma** é tratado como um **grande livro de receitas** (SI-08/1997); não é incomum encontrarmos a comparação entre uma máquina que lê os **comandos gravados nos programas** e o corpo que segue **as ordens escritas nos genes**” (SI-11/1997); outra comparação usual é aquela entre genes e **software** (CH-05/2001) Contudo, também são encontradas algumas visões mais críticas, como, por exemplo, a de que “os genes, em si, não realizam tarefa alguma. Eles **enviam ordens, são mestre-de-obras**. As proteínas que estão relacionadas às características da célula.” (SI-01/2001). Ou mesmo, os genes são **instruções** para o que a célula faz e para o que ela é, ou seja, eles são **mensagens** (GAL-02/2001).

Sem dúvida, várias metáforas acima reforçam a idéia de **centralidade do gene**, entendido como trecho de DNA específico, na determinação das características e possibilidades de desenvolvimento de células/seres. O uso de termos como ‘instrução’, ‘receita’, ‘programa’ denota a idéia de um conjunto de informações e possibilidades que estão presentes a priori nesta unidade, que irão se revelar e determinar. O uso de metáforas é um recurso importante na comunicação e facilita a apreensão de significados, mas as simplificações que acompanham seu uso podem ser perigosas, especialmente num ambiente no qual a busca de soluções para sérios problemas de saúde pública, de recursos alimentares e energéticos tem se inspirado nas aplicações biotecnológicas.

Além das metáforas, destacamos alguns trechos, como os representados abaixo, que ilustram certas simplificações e ênfases gene-cêntricas (quadro 3), e outros que apontam críticas para esta visão (quadro 4):

#### QUADRO 3 - VISÕES GENE-CÊNTRICAS

- “*Quem manda em você é o DNA*” (SI-08/1997-Especial).
- “*... o DNA comanda seu organismo*” (SI-08/1997-Especial).
- “*A eterna dúvida sobre a paternidade não mais existirá. Duvidou? Pergunte ao DNA*” (SI-08/1997-Especial).
- “*Pesquisadores, médicos... buscam nos genes a explicação e a cura para os males físicos e mentais... localizando-se o erro será possível fabricar proteína sintética sadia ... tecnologia para acabar quase todas as doenças conhecidas*” (SI-08/1997-Especial).
- “*A terapia gênica é um curativo nos genes para remediar os males do corpo*” (SI-07/1997).
- “*A habilidade social das moscas vem de um gene localizados no cromossomo X, mas só é ativo quando vem do pai*” (SI-08/1997).
- “*Um único gene mostra a manobra que a planta faz para produzir a flor*” (GAL-03/1997).
- “*... o sono é controlado por dois genes...*” (CH-01-02/1997).
- “*Estamos numa nova era... entender quais são os genes responsáveis pelo mal e desvendar todos os segredos da vida*” (SI-09/2001).

**QUADRO 4 – CRÍTICAS À VISÃO GENE-CÊNTRICA**

- “É uma temeridade deduzir que comportamentos complexos decorrem de um único gene...” (SI-06/1997) .
- “Provavelmente poucas doenças são causadas por apenas um gene defeituoso” (SI-11/2001)
- “Não existe genes que definiram raças humanas... não tem genes específicos pra os brancos, negros ou amarelos” (GAL-12/1997).
- “... é impossível reconstruir uma espécie com DNA fossilizado...” (GAL-05/2001).
- “... grande parte de nossas características são influenciadas pelo meio ambiente.” (GAL-08/2001).
- “...é fundamental todo o trabalho de sequenciamento do genoma, mas temos que interpretar a sequência...” (CH-jul/2001).
- “ ... Proteínas produzidas no organismo (a partir dos genes) também determinam quais novos trechos do DNA serão traduzidos, levando à diferenciação celular e a outros processos. É nesse aspecto que pode ser notada a influência do ambiente: a presença de proteínas no organismo, em maior ou menor quantidade, em função de fatores externos, pode inibir ou ativar a expressão de genes, e até a alimentação dos indivíduos pode influir nesse processo.” (CH-12/2001).

Podemos observar que a maior parte dos contextos das matérias analisadas, de onde foram retirados os trechos acima, se encontram no universo das **idéias de informação e de seu fluxo**, que nasceram junto ao Dogma Central da Biologia Molecular (Crick, 1957).

De forma resumida, apoiando-nos no que já foi desenvolvido até aqui, entendemos que os pontos que devem ser criticados e questionados nas frases do Quadro 3 são:

- a primazia absoluta do DNA no contexto da determinação do que o organismo é ou pode vir a ser.
- a idéia do genoma sendo composto por seqüências lineares e fixas.
- o entendimento simplificado de que, bastando o reconhecimento do gene e de sua seqüência, poder-se-á manipular e controlar a expressão final da característica no qual ele está envolvido.
- a ausência de elementos contextuais que definem diretamente como o gene é ativado e age.

Entendemos que estas questões ganham outro contorno no perspectiva do gene interacionista, tendência esta que pode ser captada em alguns trechos das revistas, tal como transcrevemos no Quadro 4.

**2 – GLOSSÁRIOS**

Antes da listagem das diferentes definições do verbete ‘gene’ nos glossários examinados, vale a pena destacar a existência de uma grande confusão no uso de certos termos relacionados a esta idéia. Tais incorreções prejudicam a compreensão desta unidade e dos processos decorrentes dela. O uso de glossários, apesar dos limites impostos pelo pequeno espaço e pela necessidade de síntese, pode favorecer a eliminação de erros e confusões, muitas vezes observados de forma recorrente. Os dois exemplos de erros conceituais mais comuns, encontrados inclusive nas conceituadas revistas que foram analisadas nesta pesquisa, são: a expressão “carga genética” para se referir a “mensagem genética” ou genoma e a expressão “código genético” designando “informação genética”[SI-04/1997, GAL02/1997].

**QUADRO 5: ELEMENTOS PRESENTES NAS DEFINIÇÕES DE GENE RETIRADAS DE GLOSSÁRIOS NA INTERNET\*\***

SÍTIOS PESQUISADOS X ELEMENTOS PRESENTES NAS DEFINIÇÕES ENCONTRADAS	NACIONAIS: (relação dos sítios com os código 1 a 13) total = 13	NÃO-NACIONAIS: (relação dos sítios com os código 14 a 27 ) total = 14	Total= 27
(a) relaciona gene a unidade de herança	5, 6, 7, 11, 13	15, 16, 17 (cita Johannsen como autor do termo gene), 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27	<b>18</b>

(b) relaciona gene a uma particular posição no cromossomo		17, 19, 20 (relaciona cromossomo ao núcleo), 22, 24, 26	6
(c) relaciona gene a certa característica específica (alguns usam o termo fenótipo específico, como no caso de [5])	1, 3, 5, 8	14, 27,	6
(d) relaciona gene a unidade de mutação e recombinação	5		1
(e) relaciona gene a unidade física, estrutural, como uma região do DNA, com certa seqüência de nucleotídeos	1, 6, 7, 8, 9 (erroneamente inclui a Uracila), 10, 12, 13	14, 15, 16, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 27	<b>18</b>
(f) relaciona gene a unidade funcional	1, 2, 3, 4, 8, 12, 13	14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 27	<b>17</b>
(g) relaciona gene a uma única proteína (alguns falam em estrutura primária, como no caso de [4])	4, 7, 10, 12	14, 21 (refere-se a proteína ou enzima), 22, 24, 25, 27	<b>10</b>
(h) relaciona gene a uma única proteína ou RNA	1, 8, 13	16, 17, 19, 26	<b>7</b>
(i) relaciona gene a codificação do RNAm	9	18	2
(j) estão incluídas nas unidades funcionais do genoma seqüências codificantes, seqüências reguladoras não-codificantes e íntrons.	1, 8,	16 (comenta que há regiões no DNA que podem codificar mais de um tipo de proteína), 17, 18	5
(l) detalha a idéia do gene como seqüência contínua ou interrompida (usando a idéia de presença de seqüências não-codificadoras)	4, 6, 10, 13		4
(m) enfatiza a idéia que genes são fatores que determinam as características, mas os fatores ambientais também o fazem.	6		1
(n) relaciona gene a um elo entre os seres, assumindo um viés evolutivo.	12, 13	15	3
(o) relaciona gene com seqüência específica de DNA ou RNA localizada no plasma germinativo ou no cromossomo. (esta definição pode ser vista como errônea)		23	1

\*\* - ver listagem dos sítios 1 a 27 na nota [8\*]

Analisando o quadro sintético acima, pode-se notar que, nas definições obtidas dos glossários, mesmo havendo predomínio da conceito molecular clássica de gene (CMCG), encontramos elementos relativos a outras conceituações de gene, assim como observamos algumas nuances que incorporam a problemática atual da definição deste conceito. Os itens (a) e (c) podem ser reconhecidos como fazendo parte dos primórdios do pensamento sobre a herança (começando em Mendel); os itens (b) e (d) podem ser situados no contexto do nascimento da genética clássica e seu entrelaçamento com o reconhecimento da dinâmica dos cromossomos nas células (tendo Morgan como expoente); o item (n) pode ser identificado numa visão evolutiva; os itens (e) e (g) são expressões diretas do conceito molecular clássica de gene, que se juntam aos itens (h) e (i); temos nos itens (j) e (l) a inclusão de elementos que dificultam a definição precisa do que seja um gene, uma vez que são introduzidas regiões que dinamicamente podem estar ou não presentes num segmento de DNA que corresponderia a um gene; por fim, os itens (f) tem uma forte ênfase no conceito clássico e (m) pode ser incluído numa visão não determinista desta unidade.

Fazendo um brevíssimo comentário da história da idéia de gene, iluminando nossa análise, temos que na perspectiva da genética clássica, o gene era considerado uma unidade de função, de mutação e de recombinação. Não se tinha uma idéia estrutural dele, além da vaga idéia de estar linearmente posicionado nos cromossomos, como “contas em um colar”. O gene passa ser entendido como uma entidade molecular-material somente após o reconhecimento do DNA como material hereditário e da proposta do modelo da dupla hélice por Watson e Crick.

Assim é reconhecida sua estrutura e esboça-se como ocorre a auto-duplicação associada a função de replicação de informação. Assim, a idéia de gene ganha um contorno estrutural associado com o funcional. A formulação do Dogma Central da Biologia Molecular – DNA transcreve RNA que se traduz em proteína - conferiu ao DNA a primazia no fluxo de informação nas células e nos organismos, estabelecendo firmemente a chamada concepção molecular clássica de gene (CMCG). Neste contexto a influência do vocabulário informacional na biologia molecular e na genética foi marcante e pode ser percebido, até hoje, pelo uso de termos como ‘informação genética’, ‘código genético’, ‘mensagem genética’ etc.

Descobertas que tiveram lugar no interior da própria biologia molecular levaram à gradual dissolução da idéia dos genes como codificadores de proteínas. Entre estas descobertas, incluem-se os genes reguladores, genes saltadores, íntrons nos genes, processamento alternativo de RNA, seqüências consensuais encontradas em uma diversidade de genes, genes dentro de genes, etc. É sabido que estas descobertas têm levado o conceito de gene a uma crise, no final do século XX (Beurten & Rheinberger, 2000). Keller (2000), por exemplo, se refere ao gene como um conceito ‘em apuros’ e chega a sugerir que talvez seja o momento de deixarmos de lado este conceito e forjarmos palavras novas. Esta idéia não foi bem recebida pela comunidade de pesquisadores, e a própria autora revê esta proposição em artigo recente (Keller, 2005; El-Hani, 2005).

Os desafios para o entendimento desta unidade hereditária assim como para melhor conceituar o que seja gene, nos vários contextos de sua utilização, estão, hoje, fortemente presentes.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

Um elenco de proposições, seja para tentar salvar o conceito, seja na busca de outros que respondam melhor a complexa rede de interações que levam ao desenvolvimento do organismo e de sua herança, vêm sendo elaboradas[9\*].

El-Hani (2005), resume algumas proposições-respostas neste debate. Refere-se a proposta de Fogle (1900), que é contra a manutenção do conceito de genes como unidades e propõe considerá-los como conjunto de domínios no DNA, entidades estas que definiriam de forma conjunta suas próprias estruturas, as quais influenciam no fenótipo. Concordando com a crítica ao conceito de gene como unidade, Hani lembra a idéia dos brasileiros Pardini e Guimarães (1992), que chamam atenção para as condições epigenéticas que influenciam a expressão dos gens. Outra importante contribuição ao debate é dada por Lenny Moss (2001), quando propõe uma distinção entre dois conceitos de gene: o gene P, como sendo o determinante de fenótipos ou das diferenças fenotípicas – este é um conceito a ser utilizado como uma ferramenta, com caráter instrumental; e o gene D, entendido como recurso para o desenvolvimento, lado a lado com outros recursos. Aponta que uma das fontes do determinismo genético está na confusão ou mistura destes dois conceitos de forma indevida. Outras proposições podem ser encontradas na literatura, sendo uma delas a do próprio El-Hani, quando analisa o sistema genético no contexto da semiótica.

Parece-nos fundamental que esta discussão chegue às salas de aula. Neste sentido, embora de uma forma ainda tímida, podemos ver alguns traços de questionamento ao CMCG presentes nas revistas analisadas. O que nos faz indicar que estas podem ser instrumentos valiosos para abordar a temática em questão, no contexto da formação continuada do professor.

Devemos lembrar que pesquisas que abordam o ensino e aprendizagem de genética nas escolas têm indicado que este é um dos temas mais problemáticas dentro da biologia. (Thomson & Stewart, 2003; Ayuso & Banet, 2002; Bahar et alli, 1999; Rodriguez, 1995). Uma das dificuldades apontadas refere-se a deficiência em inter-relacionar os importantes conceitos básicos da área que permitem um entendimento consistente do fenômeno da herança. Por

exemplo, é constatado que existe uma grande confusão conceitual sobre o que são genes, cromossomos, alelos, onde eles estão localizados, etc. As revistas de divulgação científica, assim como outras estratégias, podem ser vistas como importantes instrumentos a serem usados no âmbito da escola e em outros espaços de educação científica para lidar com tais dificuldades, bem como para a atualização e questionamento da temática. O uso de esquemas, a possibilidade de tratar de inúmeros exemplos reais, a utilização de fotografias e recursos gráficos atraentes, a estratégia de entrevistar e dar voz aos especialistas, o levantamento de opiniões divergentes sobre aplicações da biologia molecular, e vários outros recursos utilizados pelas revistas de divulgação científica podem ser muito favoráveis no tratamento do tema, desde que utilizadas criteriosamente e criticamente.

Contudo, como já afirmado, urge ampliarmos esta discussão nos mais variados espaços educativos – aqui se incluem aqueles ligados à formação do professor, a formulação de currículos, programas e materiais didáticos – permitindo que pesquisadores e professores dos diferentes níveis de ensino, com suas bagagens próprias, tenham chance de interagir e incorporar as novidades e as reflexões atuais sobre a crise/superação do conceito de gene.

Como constatado outrora, na análise de livros didáticos, e aqui, na análise de revistas e de definições de glossários, a idéia que os genes são os determinantes do que somos é ainda muito forte... Não podemos acreditar que também estarão neles a nossa dificuldade de concebê-los de outra forma!

#### NOTAS:

[1\*] Os períodos estudados nesta pesquisa (Reznik, 1995) foram os que vigoraram a Reforma Francisco Campos (início 1930), a Reforma Capanema (início 1945), a Lei de Diretrizes e Bases (início 1961) e a Lei 5692 /1971.

[2\*] O quadro 17, do cap 3, da referida pesquisa, intitulado *Incorporação dos paradigmas A, B, C e D nos livros didáticos* apresenta quando cada um destes paradigmas – **A: núcleo como regulador da herança** (fins do séc. XIX), **B: genes = contos do um cordão cromossomos** (primeiras décadas do séc XX), **C: genes formados por DNA** (1944 - anos 60) e **D: genes interacionistas** (1970 até nossos dias) – foi incorporado nos 30 livros analisados.

[3\*] A forma de abordar o saber docente, como sendo uma “amalgama entre diferentes saberes: disciplinar, pedagógico, curricular e da experiência do professor”, tratado por Tardiff, Lessard e Lahaye (1991) nos traz boas referências para analisar esta questão. Lopes (2002) e Marandino (2002), respectivamente, analisando os Parâmetros Curriculares Nacionais e o trabalho educativo em museus também nos oferecem importantes considerações sobre a natureza do saber ensinado.

[4\*] Como bibliografia relativa à filosofia da biologia, citamos os artigos iniciais de autores como Falk (1986) e Griffiths & Neumann-Held (1999); o livro que sintetiza uma parte considerável desta discussão organizada por Beurton, Falk e Rheinberger (2000); e o projeto coordenado por Karola C. Stotz, reunindo um amplo grupo de participantes do “Representing genes project” (2003, 2004 e 2005). No contexto nacional, destacam-se as reflexões de Charbel El-Hani, sistematizadas, por exemplo, em artigo deste V ENPEC. Algumas teses e dissertações também podem ser referenciadas aqui: Trivelato (1987), Reznik = atual Goldbach (1995), El-Hani (1995), Massarani (2001), Ripoll (2001), Solha (2005). No campo da divulgação científica, temos as idéias de Marcelo Leite expostas em sua coluna dominical da FSP, em seu livro (2003) e em sua recente Tese de Doutorado (2005); assim como o livro de Cláudio Tognolli (2003).

[5\*] A bibliografia relativa aos avanços da biologia molecular e suas repercussões para o entendimento do gene como unidade informativa é imensa. Citamos aqui algumas referências:

Sharp, P. Split (1993). Gelbart,(1998), Nekrutenko, A & Li, W. 2001., Surani, M.2001, Collins, 2001, Strohmman, R. 2002., Couzin, J. et alli. 2002.,Modrek, B&Lee, 2002, Snyders, 2003. Lau, C. N. & Bartel, D.P., 2003.Hall, D. 2004. Goodman, A et alli. 2005, Carrol. S.Bjul, 2005.

[6\*] A revista Scientific American Brasil, ano 2003, está em análise.

[7\*] As matérias das revistas do ano de 2003 estão em fase de processamento.

[8\*] **Sítios nacionais:** 1 - <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/index.php> , 2 - <http://www.comciencia.br> , 3 - <http://www.comciencia.br/reportagens/transgenicos/glossario.htm> , 4 - <http://www.hcanc.org.br/outrasinfs/glos/glos.html> , 5 - <http://www.ambientebrasil.com.br> 6- <http://pt.wikipedia.org> , 7 - <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/siteprojeto/2003/glossario.pdf> , 8 - <http://www.hurnp.uel.br/farmaco/biologia/glossarioG.htm> , 9 - <http://www.intelab.ufsc.br/genet/glossario.htm> - 10 - <http://www.bbc.co.uk/portuguese/static-especial/dna/genoma/stage3.htm> , 11 - <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro/glossario/glossario.pdf> , 12-[http://www.redesaude.org.br/jr25/html/body\\_jr25-enc3.html](http://www.redesaude.org.br/jr25/html/body_jr25-enc3.html) , 13-<http://www.cib.org.br/glossario>.

**Sítios não-nacionais:** 14 - <http://www.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobooktoc.html> , 15 - <http://ghr.nlm.nih.gov/info=basic/show/gene:sessionid> , 16 - <http://www.genome.gov/glossary.cfm?key=gene> , 17 - <http://hal.weihenstephan.de/genelos/asp/genreq.asp> , 18 - <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/glossary/gh.htm#g> , 19 - [http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/glossary/glossary\\_g.shtml](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/glossary/glossary_g.shtml) , 20 - <http://cancerweb.ncl.ac.uk/cgi-bin/omd?genes> , 21 - <http://www.accessexcellence.com/AE/AEPC/NIH/gene27.html> , 22 - <http://filebox.vt.edu/cals/cses/chagedor/glossary.html> , 23 - [http://www.intelihealth.com/IH/ihtIH?t=9276&p=-br,IHW|~st,408|~r,WSIHW00|~b,\\*](http://www.intelihealth.com/IH/ihtIH?t=9276&p=-br,IHW|~st,408|~r,WSIHW00|~b,*) , 24 - <http://www.dor.kaiser.org/genetics/Glossary/GlossaryMain.html> , 25 - <http://gslc.genetics.utah.edu/misc/glossary/> , 26 - [http://msnbcmedia.msn.com/i/msnbc/Components/Art/HEALTH/031107/TEASES/GeneticsGlossary\\_TZ152](http://msnbcmedia.msn.com/i/msnbc/Components/Art/HEALTH/031107/TEASES/GeneticsGlossary_TZ152) , 27 - <http://www.informatics.jax.org/javawi2/servlet/WIFetch>

[9\*] Ver revisão do estado da arte atual desta discussão em El-Hani, C. (2005)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Aldridge, S. **El hilo de la vida**. Madrid: Cambridge Univ Press, 1999.
- Banet y Ayuso. Alternativas a la enseñanza de la genética en la educación secundaria.
- Ensenanza de las Ciências**. 20 (1), 2002.
- Bahar, M.; Johnstone, H.; H, M.H. Revisiting learning difficulties in biology. **JBE**.33(2), 1999
- Beurten, P., Falk R., Rheinberger, H.J. **The concept of the gene in development and Evolution**. Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 2000
- El-Hani, C. **Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de ética**, artigo submetido para o V ENPEC, 2005.
- El-Hani, C. **Controvérsias sobre o conceito de gene**. Palestra proferida no XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Genética - SBG, Águas de Lindóia, SP, 2005.
- Falk, R. What is a gene? **Studies in the History and Philosophy of Science**. vol. 17, 1986.
- Fogle, T. Are genes units of inheritance? **Biology and Philosophy**. 5, 349-371,1990.
- Griffith, P.; Neumann-Held, E. The many faces of the gene. **BioScience**. 49(8):656-662, 1999.
- Gros, F. **A Civilização do Gene**. Apartado, Portugal: Ed. Terramar, 1990.
- Hubbard,R., Wald, E. **El mito del gen**. Madrid: Alianza Editorial, 1999.
- Keller, E. F. **O século do gene**. Belo Horizonte:Ed. Crisálida e SBG, 2002.
- Keller, E. F. The century beyond the gene. **Journal of Biosciences** vol. 30, pp. 3-10. 2005.
- Leite, Marcelo. **O DNA**. São Paulo: Publifolha, 2003.
- Lewontin, R. **Biologia como ideologia: a doutrina do ADN**. Lisboa: Ed. Relógio d'Água,1998.
- Lewontin, R. **A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente**. São Paulo: Cia das Letras, 2002
- Massarani, L. **Admirável mundo novo: a ciência, os cientistas e a dupla hélice sob o olhar de estudantes**. Tese de Doutorado, Depto de Bioquímica Médica, ICB, UFRJ. 2001
- MEC – Parâmetros Curriculares Nacionais, Brasília, 1999.
- Moss, L.- Deconstructing the Gene and Reconstructing Molecular Developmental Systems, 2001
- Nightingale, P & Martin, P. The myth of the biotech revolution. **Trends in Biotechnology**. v.22:564-569, 2004.
- Reznik [atual: Goldbach], T. **O desenvolvimento do conceito de gene e sua apropriação nos**

- livros didáticos de biologia.** Dissertação de Mestrado, Fac. de Educação, UFF, 1995.
- Rifkin, J. **O século da biotecnologia: a valorização dos genes e a reconstrução do mundo.** São Paulo: Ed. Makron Books, 1999.
- Sarkar, S. **Genetics and Reductionism.** Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- SCIENCE. **Science**, Vol 309, Issue 5731, 80, 1 July 2005
- Stotz, K. The Representing Genes Project: Tracking the Shift to "Post-Genomics". Disponível em <http://www.pitt.edu/~kstotz/genes/genes.html>.
- Strohman, R. Genetic determinism as a failing paradigm in biology and medicine. **Journal of Social Work Education**, 39, 169-191, 2003.
- Thompson and Stewart. Genetics Inquiry: strategies and knowledge geneticists use in solving transmission genetics problems. **Science Education**, 87:161-180, 2003.

**REVISTAS:**

**Ciência Hoje** (SBPC), **Galileu** (Ed. Globo), **SuperInteressante** (Ed. Abril).