

**ACTA SCIENTIAE**  
Revista de Ciências Naturais e Exatas  
Vol. 9 - Nº 2 - Jul./Dez. - 2007  
ISSN 1517-4492



COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"

**Presidente**

Delmar Stahnke

**Vice-Presidente**

João Rosado Maldonado



**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**

**Reitor**

Ruben Eugen Becker

**Vice-Reitor**

Leandro Eugênio Becker

**Pró-Reitor de Administração**

Pedro Menegat

**Pró-Reitor de Graduação da Unidade Canoas**

Nestor Luiz João Beck

**Pró-Reitor de Graduação das Unidades Externas**

Osmar Rufatto

**Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação**

Edmundo Kanan Marques

**Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional e Comunitário**

Jairo Jorge da Silva

**Pró-Reitora de Ensino a Distância**

Sirlei Dias Gomes

**Capelão Geral**

Gerhard Grasel

**Ouvidor Geral**

Eurilda Dias Roman

**ACTA SCIENTIAE**

Indexador: LATINDEX

**Comissão Editorial**

Agostinho Serrano de Andrade Neto

Daniel Martins Ayub

Mariângela de Camargo

**Conselho Editorial**

Antônio Garcia Madrid (UPS-Salamanca)

Arno Bayer (ULBRA)

Claudia Lisete Oliveira Groenwald (ULBRA)

Dimitrios Samios (UFRGS)

Dione Silva Corrêa (ULBRA)

Eduardo Périco (ULBRA)

Eduardo Rolim de Oliveira (UFRGS)

Marcos Machado (ULBRA)

Renato dos Santos Mello (ULBRA)

Paulo Augusto Netz (ULBRA)

Paulo Cesar Pereira das Neves (ULBRA)

Helena Noronha Cury (PUCRS)

Nara Bigolin (ULBRA)

**Editora da ULBRA**

Diretor: Valter Kuchenbecker

Coord. de periódicos: Roger Kessler Gomes

Capa: Everaldo Manica Ficanha

Editoração: Humberto Gustavo Schwert

**Assinaturas/Subscriptions**

Editora da ULBRA

Av. Farroupilha, 8001 - Bairro São José

CEP: 92425-900 - Canoas/RS

Fone: (51) 3477.9118 - Fax: (51) 3477.9115

E-mail: editora@ulbra.br

**Correspondência/Address**

Universidade Luterana do Brasil

PPGECIM/Programa de Pós-Graduação

em Ensino de Ciências e Matemática

Av. Farroupilha, 8001 - Prédio 14, sala 218

CEP: 92425-900 - Canoas/RS/Brasil

E-mail: acta-scientiae@ulbra.br

Solicita-se permuta.

We request exchange.

On demande l'échange

Wir erbitten Austausch

*Matérias assinadas são de responsabilidade dos autores.*

*Direitos autorais reservados. Citação parcial permitida,  
com referência à fonte.*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

A188 Acta scientiae : revista de Ciências Naturais e Exatas / Universidade  
Luterana do Brasil. - Vol. 1, n. 1 (jan./jun. 1999)- . -  
Canoas : Ed. ULBRA, 1999- .  
v. ; 28 cm.

Semestral.  
ISSN 1517-4492

1. Ciências naturais - periódicos. 2. Ciências exatas - periódicos.  
I. Universidade Luterana do Brasil.

CDU 501/599(05)

# Sumário

## 2 Editorial

### Artigos

- 3 A tríade distinção–união–incerteza: os pensamentos de Edgar Morin e de Ilya Prigogine como contribuição à área de ensino de ciências  
*Lênio Fernandes Levy, Adílson Oliveira do Espírito Santo*
- 27 A energia nossa na leitura de cada dia  
*Paula Pires de Quadros, Renato P. dos Santos*
- 39 O experimento do balde girante de Newton: muitas perguntas, poucas respostas  
*Luciano Carvalhais Gomes*
- 64 Modelo matemático do crescimento da *Araucaria angustifolia*: aplicação da modelagem matemática no ensino do cálculo diferencial e integral  
*César Augusto Machado Freitas, Marilaine de Fraga Sant'Ana*
- 75 Opiniões dos professores de Matemática do Ensino Fundamental e Médio em relação ao ensino de Estatística  
*Geovana Marques, Arno Bayer*
- 91 Cidadania e educação ambiental: plantas medicinais no contexto escolar  
*Márcia Maria Mauli, Andréa Maria Teixeira Fortes, Fabiano Antunes*
- 108 Estudo sobre a preservação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caraná: uma questão de conscientização ambiental no Estado de Roraima  
*Rosa Maria Soares de Souza, Edson Roberto Oaigen, Carlos Eduardo Freitas Lemos*
- 122 O Teste *Allium cepa* no ensino de Biologia Celular: um estudo de caso com alunos da graduação  
*Sirley Pereira Carneiro, Juliana da Silva*
- 131 Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação  
*Claudia Carobin, Agostinho Serrano*

# Editorial

Continuando o trabalho de melhoramento da revista *Acta Scientiae*, essa edição contempla nove artigos. O aumento do número deve-se à busca por um maior espaço de discussão científica nessa região de inquérito. Todas as contribuições desta edição estão vinculadas exclusivamente à área de Ensino de Ciências e Matemática. Nesse sentido, contamos com três artigos que levantam questionamentos relativos ao ensino de física. O primeiro busca relações do ideário de Ilya Prigogine e a teoria da complexidade defendida por Edgar Morin; o segundo discute as concepções alternativas referentes ao conceito de energia, e o terceiro apresenta uma análise crítica das definições e do escólio das leis do movimento contidas no “Principia”, bem como do experimento do balde girante de Newton. Em relação à Educação Matemática, apresentamos um artigo que evidencia a Modelagem Matemática como fator de integração entre Matemática do estudante universitário e a investigação de problemas regionais. Outro versa sobre uma investigação referente às opiniões dos professores de Matemática, do ensino fundamental e médio sobre a importância do ensino de estatística. Em relação ao Ensino de Biologia, um dos artigos apresenta uma avaliação do perfil conceitual dos alunos do ensino médio quanto a sua conscientização em relação à educação ambiental. Outro artigo ressalta a importância de estimular e apoiar ações de educação ambiental relativas à preservação de uma bacia hidrográfica. Um terceiro aponta para área de biologia celular e reflete sobre as mudanças conceituais dos alunos que cursam Genética em nível de graduação. Por fim, apresentamos um trabalho de revisão bibliográfica referente à pesquisa sobre ensino de química, especificamente sobre equilíbrio químico nos níveis de representação de um fenômeno. Assim, entendemos que a revista *Acta Scientiae* vem, mais uma vez, colaborar com a área de Ensino de Ciência e Matemática abrindo espaço para discussão e divulgação de trabalhos científicos.

*Os editores*

# A tríade distinção–união–incerteza: os pensamentos de Edgar Morin e de Ilya Prigogine como contribuição à área de ensino de ciências

Lênio Fernandes Levy  
Adílson Oliveira do Espírito Santo

## RESUMO

No presente artigo, objetiva-se evidenciar e criar relações entre o ideário de Ilya Prigogine e a teoria da complexidade defendida por Edgar Morin, abordando-se também os desdobramentos respectivos na seara pedagógica. Será apresentado o ponto de vista de Prigogine tanto no que pertine ao indeterminismo das leis da natureza quanto no tocante à sua posição favorável às realidades dos processos irreversíveis e do tempo, realidades essas que estão apoiadas no citado indeterminismo e que, ao mesmo tempo, apóiam-no. Ademais, mostrar-se-á que Prigogine exorta a necessidade de retorno a um pensamento não-fragmentado, em que sujeito e objeto do conhecimento, assim como um e outro objetos distintos, tenham suas relações consideradas, tanto as deles entre si, quanto aquelas entre eles e o/um todo. Tais interações, aliadas à referida idéia de “incerteza”, constituem-se, conforme será visto, na ponte entre a obra de Prigogine e o ideário complexo de Edgar Morin.

**Palavras-chave:** Distinção. União. Incerteza. Complexidade. Sala de aula.

## The triad distinction-union-uncertainty: The thoughts of Edgar Morin and Ilya Prigogine as contribution to the area of teaching of sciences

## ABSTRACT

In the present article, is aimed at to evidence and to create relationships between Ilya Prigogine's idea and the theory of the complexity defended for Edgar Morin, being also approached the respective unfoldings in the pedagogic wheat field. Will be presented the point of view of Prigogine pertinent to the uncertain of the laws of the nature and his favorable position to the realities of the irreversible processes and of the time, realities those that are leaning in mentioned uncertain and that, at the same time, they support it. Besides, will be show that Prigogine exhorts the return need the a no fragmented thought, in that subject and object of the knowledge, as well as an and other different objects, have their considered

---

**Lênio Fernandes Levy** é Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas (UFPA). Professor de Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará (CEFET-PA). E-mail: leniolevy@ig.com.br.

**Adílson Oliveira do Espírito Santo** é Doutor em Engenharia Elétrica (UNICAMP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemáticas (PPGECIM) do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 3-26	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	---------	----------------

relationships, so much the one of them amongst themselves, as those between them and the/a whole. Such interactions, allied to referred “uncertainty” idea, are constituted, as it will be seen, in the bridge between the work of Prigogine and the complex’s idea of Edgar Morin.

**Keywords:** Distinction. Union. Uncertainty. Complexity. Classroom.

## 1 MORIN E A COMPLEXIDADE

No nosso universo é feito de uma liga, de uma aliança entre ordem e desordem que se contradizem absolutamente. (MORIN, 2002d, p.54)

No mundo determinista de Newton, não há história e não há criatividade. No mundo vivo das estruturas dissipativas, a história desempenha um papel importante, o futuro é incerto e essa incerteza está no cerne da criatividade. “Atualmente”, reflete Prigogine, “o mundo que vemos fora de nós e o mundo que vemos dentro de nós estão convergindo. Essa convergência dos dois mundos é, talvez, um dos eventos culturais importantes da nossa era”. (CAPRA, 2004, p.158)

O paradigma moderno ganhou corpo a partir do afã de reação à influência religiosa sobre a produção científica. A Igreja, de um lado, fazia imposições: “Não vá pesquisar nessa direção, pois isso já está escrito em Aristóteles e a teologia integrou Aristóteles. Nós já temos a visão do mundo” (MORIN, 2001a, p.27). De outro lado, a concepção moderna, então emergente, amparava-se na justificativa de que citada interferência estaria atravancando e/ou desvirtuando a expansão intelectual do homem, afastando-o da “objetividade”.

Embora as práticas cognitivas marcadas pela tentativa de separação e de ordenação com vistas à melhor compreensão dos problemas e/ou dos fenômenos tenham sido concebidas em épocas mais remotas, é certo afirmar que, a partir da chamada Idade Moderna, cujo início coincidiu com o renascimento da cultura greco-romana, houve pungente valorização da postura fragmentadora e determinista, da qual René Descartes foi um dos baluartes. Os progressos advindos do racionalismo cartesiano mostraram-se imediatos e vastos, abonando-o como corrente filosófica.

Cabe frisar, contudo, que o estudo de qualquer evento diz respeito a influências ou interferências, sejam elas do sujeito ou observador sobre o objeto, sejam elas do somatório dos contextos presentes, o que inclui o objeto em foco, sobre o estudioso/cientista, de tal sorte que não se pode conceber separação, nos termos propostos por Descartes, entre *ego cogitans* e *res extensa*. Toda tentativa de redução ou fragmentação da complexidade da natureza, malgrado os relativos progressos científicos que isso possa suscitar, não diz respeito à proximidade de uma visão aceitável dos objetos estudados. A análise laboriosa das partes é fundamental, mas corresponde ao trato de apenas um dos aspectos da realidade, sendo também necessária a consciência de que

há vínculos entre os diversos elementos que se integram ao todo. Conforme assevera Morin, “é preciso juntar as partes ao todo, e o todo às partes” (2002a, p.13). Com o escopo de ratificar essa idéia, Silva lembra que:

Edgar Morin gosta de citar uma passagem de Pascal: “Sendo todas as coisas causadas e causantes, auxiliadas e auxiliares, mediatas e imediatas, e mantendo-se todas elas por meio de um vínculo natural e insensível, que une as mais afastadas e as mais diferentes, julgo impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, assim como conhecer o todo sem conhecer particularmente as partes”. Essa reflexão densa serve-lhe de base para a fundamentação da epistemologia da complexidade. Exposições e entrevistas mais longas levam-no quase sempre a recorrer a essa chave de seu pensamento. (SILVA, 2002, p.93)

A ênfase desmedida da “distinção sem união”, particularmente no que tange à tentativa de separação entre “sujeito” e “objeto do conhecimento”, em detrimento da procura de uma visão de união e de totalidade, acarretou, nos últimos séculos, uma consciência empobrecida acerca da natureza. Nesse sentido, Morin destaca que:

Deve-se evocar aqui o “grande paradigma do Ocidente”, formulado por Descartes e imposto pelo desdobramento da história européia a partir do século XVII. O paradigma cartesiano separa o sujeito e o objeto, cada qual na esfera própria: a filosofia e a pesquisa reflexiva, de um lado, a ciência e a pesquisa objetiva, de outro (...).

Trata-se certamente de um paradigma: determina os conceitos soberanos e prescreve a relação lógica: a disjunção. A não-obediência a esta disjunção somente pode ser clandestina, marginal, desviante. Este paradigma determina dupla visão do mundo – de fato, o desdobramento do mesmo mundo: de um lado, o mundo de objetos submetidos a observações, experimentações, manipulações; de outro lado, o mundo de sujeitos que se questionam sobre problemas de existência, de comunicação, de consciência, de destino. Assim, um paradigma pode ao mesmo tempo elucidar e cegar, revelar e ocultar. É no seu seio que se esconde o problema-chave do jogo da verdade e do erro. (2002c, p.26-27)

O diálogo das singularidades que compõem uma totalidade, a exemplo daquele entre sujeito e objeto, é recorrente no ideário moriniano, correspondendo à díade “distinção-união”. A complexidade da natureza é expressa em termos das múltiplas relações entre os elementos que a constituem, assim como das conexões entre esses elementos e o/um “todo”, fato que denota uma infinidade de desdobramentos possíveis, justificando-se o acréscimo do fator “incerteza” ao binômio “distinção-união”. Morin e Kern, referindo-se à conjuntura de nosso planeta, o que é extensivo ao Universo como um todo, haja vista o “princípio complexo hologramático”<sup>1</sup>, afirmam que:

---

<sup>1</sup> O todo está nas partes, e as partes estão no todo (MORIN, 2002a).

A realidade mundial é justamente inapreensível; ela comporta enormes incertezas devidas à sua complexidade, às suas flutuações, a seus dinamismos mesclados e antagônicos, às suas bifurcações inesperadas, às suas possibilidades que parecem impossíveis e às suas impossibilidades que parecem possíveis. A inapreensibilidade da realidade global retroage sobre as partes singulares, uma vez que o devir das partes depende do devir do todo. (MORIN; KERN, 2002, p.133-4)

Além do mais, qualquer tentativa de hierarquização é improcedente. Edgar Morin apregoa a valorização, na mesma medida, dos diversos elementos pertencentes a um conjunto, destacando, além do mais, haver vínculos entre todas as singularidades, sendo artificial, por exemplo, a já mencionada crença na separação entre sujeito e objeto do conhecimento, o que também é defendido por Betto<sup>2</sup> :

Se um elétron se apresenta ora como onda, ora como partícula, energia e matéria, Yin e Yang, isso significa que cessa o reino da objetividade. Há uma inter-relação entre o observador e o observado. Desmorona-se, assim, o dogma da imaculada neutralidade científica. A natureza responde às questões que levantamos. A consciência do observador influi na definição e, até mesmo, na existência do objeto observado. Entre os dois, reina um único e mesmo sistema. Olho o olho que me olha.

(...) Há uma íntima e indestrutível conexão entre tudo o que existe, das estrelas ao sorvete saboreado por uma criança, dos neurônios de nosso cérebro aos neutrinos no interior do sol. (2002, p.45-46)

A tríade “distinção–união–incerteza” guarda correspondência com o chamado tetragrama complexo, traduzido por “ordem–desordem–interação–organização”. A existência concomitante de ordem e desordem é condição *sine qua non* para qualquer espécie de criação/ geração. Nada aconteceria, não haveria transformações, somente imutabilidade, caso apenas a ordem imperasse. Da mesma forma, se unicamente a desordem se manifestasse, o próprio Universo careceria de condições favoráveis para se desenvolver. Assim sendo, o diálogo incessante entre ordem e desordem propicia a estruturação dos incontáveis elementos e subconjuntos organizacionais que compõem a natureza. Lima assevera que:

(...) A ordem e a desordem não subsistem sozinhas, interagem entre si. A desordem está sempre presente, como elemento perturbador, na ordem. Por sua vez, a ordem pressupõe um certo grau de desorganização. Portanto, uma visão mais complexa de ordem implica uma interação com a desordem, e qualquer desordem supõe um grau de organização. Esses quatro elementos: ordem, desordem, interação e organização possibilitam uma compreensão mais complexa das várias realidades do Universo. (2002, p.52)

---

<sup>2</sup> Frei Betto: dominicano, jornalista e escritor.

## A complexidade do Universo

O ideário filosófico complexo de Edgar Morin, com o qual nos identificamos, prega a distinção, a individualização. Busca, ao mesmo tempo, a sensibilização quanto à união, quanto à relação entre partes distintas do (ou de um) todo. Admite também a incerteza. Distinção, união e incerteza são, portanto, palavras essenciais na teoria complexa moriniana. Conforme Petraglia:

(...) Os limites e as insuficiências de um pensamento simplificador não exprimem as idéias de unidade e diversidade presentes no todo.

A estrutura do pensamento Moriniano é pautada numa epistemologia da complexidade que compreende quantidades de unidades, interações diversas e adversas, incertezas, indeterminações e fenômenos aleatórios. (2002, p.39-40)

O princípio da simplificação corresponde a separar e a reduzir. O princípio da complexidade preconiza reunir e ao mesmo tempo distinguir. O pensamento que separa tem que ser complementado pelo pensamento que une.

Morin propõe, conforme já frisamos, o tetragrama “ordem–desordem–interações–organização”, que guarda correspondência com a tríade “distinção–união–incerteza”. Petraglia explica-nos que:

(...) Entretanto, não basta a comunicação dos termos ordem e desordem, é preciso que tenhamos clareza da necessidade de sua aproximação a outras idéias como interação e organização, num tetragrama, a fim de não perdermos de vista a complexidade do mundo e sua perspectiva multidimensional. (2002, p.56)

A ação do tetragrama é bem evidenciada pelo próprio Morin quando assegura que a vida é um exemplo de ordem que tem necessidade de se autoproduzir através da organização, tolerando ou mesmo colaborando com a desordem (MORIN, 2001b).

O pensamento complexo é condizente com a chamada “teoria dos sistemas”, segundo a qual o todo é, ao mesmo tempo, maior e menor que a soma das partes. A tapeçaria, por exemplo, transmite ou significa algo mais que a simples soma de seus fios. Porém, concomitantemente, cada fio tem algumas de suas qualidades inibidas quando é unido aos demais para compô-la (PETRAGLIA, 2002). Além disso, a complexidade preza o “princípio dialógico”, ou seja, admite a união ou compatibilização de noções antagônicas, que aparentemente deveriam repelir uma à outra (MORIN, 2002a), a exemplo das partículas físicas, que são, ao mesmo tempo, corpúsculos e ondas, constituindo-se numa contradição não-absurda. Há também o “princípio da recursão”, denotativo da idéia de “circularidade” entre causa e efeito, e que é bem ilustrado pelo seguinte fato: Os indivíduos humanos produzem a sociedade,

e a sociedade, por sua vez, produz a humanidade dos indivíduos. Destacamos, por fim, o “princípio hologramático”, já mencionado em linhas anteriores, que corresponde à idéia de que o todo está nas partes e as partes estão no todo. O indivíduo, a propósito, é uma parte da sociedade, mas a sociedade também está presente em cada indivíduo por intermédio de sua linguagem, de sua cultura, de suas normas etc. (MORIN, 2002a).

O objetivo da complexidade é, ao mesmo tempo, unir e enfrentar o desafio da incerteza. O pensamento complexo, embora oposto ao pensamento simplificador, não o exclui. A complexidade busca suprir as insuficiências da modernidade. O aumento contínuo do conhecimento humano exige que a especialização seja complementada pela construção de relações entre os elementos do (e com o) conjunto cognitivo, tendo em vista uma concepção menos imprecisa acerca dos objetos estudados.

Legislar, disjuntar, reduzir – esses são os princípios fundamentais do pensamento clássico. Não se trata absolutamente, do meu ponto de vista, de decretar que esses princípios sejam doravante abolidos.

Mas as práticas clássicas do conhecimento são insuficientes. No momento em que a ciência de inspiração cartesiana ia muito logicamente do complexo ao simples, o pensamento científico contemporâneo tenta ler a complexidade do real sob a aparência simples dos fenômenos. De fato, não existe fenômeno simples. (MORIN, 2001b, p.45)

## **Um fazer pedagógico em conformidade com as diretrizes morinianas**

Na perspectiva moriniana, a geração de elos entre os conhecimentos, bem como de liames entre eles e a/uma totalidade cognitiva, possibilita ao homem/perscrutador inserir-se mais e melhor na esteira do que ocorre à sua volta.

No âmbito educacional, torna-se imperioso elaborarem-se tais relações. Entendemos, contudo, que a construção de vínculos entre os campos de conhecimento não acarreta necessariamente o desaparecimento das disciplinas correspondentes, o que é corroborado pela idéia complexa de união com preservação das distinções, pela idéia de coexistência do todo e das partes.

Trata-se então de serem admitidas as singularidades e as suas respectivas conexões, o que entendemos ser compatível, na seara pedagógica, com o ministério de aulas por duplas de professores com formação em disciplinas diferentes, ocupantes, tais profissionais, para tanto, do mesmo espaço-tempo pedagógico, agindo, em conjunto com os alunos, como desencadeadores de processos que levem à criação de laços entre seus respectivos campos de estudo e que conduzam também à tentativa de elaboração de uma consciência global. O diálogo entre docentes que detêm informações diferenciadas não acarreta necessariamente o desaparecimento das especificidades inerentes às suas áreas, propiciando, com efeito, vários elos recíprocos, constituindo-

se em processo conciliador de “distinção e união”. Vale, por oportuno, ressaltar o ponto de vista de Almeida:

Esse movimento de desconstrução, do que foi historicamente firmado como verdadeiras cartas de habilitação por áreas temáticas do conhecimento, tem aqui o objetivo de enfraquecer as resistências disciplinares que se instalam nos tênues limites entre as ciências. Não decorre, daí, nenhuma palavra de ordem de “fim às disciplinas”, mas decorre, sim, o alerta de que a disciplinaridade fechada reduz e simplifica a complexidade inerente a qualquer temática. (2002, p.37)

As ações pedagógicas a cargo de Duplas Heterogêneas de Professores (DHP)<sup>3</sup> conjugam-se, assim entendemos, com os princípios morinianos porque visam, nos termos em que as propomos, à transcendência ou ultrapassagem do isolamento disciplinar sem, todavia, objetivarem necessariamente à eliminação das disciplinas. Possibilitam a comunhão entre inúmeros conhecimentos que compõem a nossa cultura, distanciando-nos menos, por conseguinte, da complexidade dos objetos de estudo.

Enfim, segundo Morin:

Não se trata de abandonar o conhecimento das partes pelo conhecimento das totalidades, nem da análise pela síntese; é preciso conjugá-las. Existem desafios da complexidade com os quais os desenvolvimentos próprios de nossa era planetária nos confrontam inelutavelmente. (2002c, p.46)

## **2 ILYA PRIGOGINE E O “FIM DAS CERTEZAS”**

A crença na capacidade humana de predição absoluta do comportamento do Universo atingiu seu clímax entre os séculos XVII e XIX, simbolizada pelo mecanicismo newtoniano e pelas idéias, inclusive na seara filosófica, provenientes (umas) e/ou fomentadoras (outras) desse mecanicismo. O Universo era visto como uma grande máquina regida por normas que, uma vez “descobertas”, poderiam conduzir o homem ao alcance pleno dos pormenores das manifestações naturais futuras, o que significava afirmar que o “porvir” estaria completamente catalogado na/pela ordem universal.

Entretanto, as construções intelectuais dos últimos cem anos – decorrentes, curiosamente, de uma ciência forjada e desenvolvida em berço determinista, mas que teve de se curvar diante de evidências revolucionárias – conduziram (e têm conduzido) o homem à observação da natureza pelo prisma da incerteza. Nesse contexto, destaca-se Ilya Prigogine, laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1977 por sua contribuição à termodinâmica irreversível, especialmente à teoria das estruturas dissipativas.

---

<sup>3</sup> Vide Levy (2003).

Prigogine desenvolve suas idéias descortinando ambientes inerentes à química, à física clássica e à física quântica<sup>4</sup>, penetrando também na biologia e na cosmologia, além de frisar pensamentos filosóficos que se coadunam com os seus, quais sejam o da existência do “tempo” e o da realidade da “incerteza”.

O ideário prigoginiano questiona o consagrado determinismo das leis naturais e a correspondente simetria (ou seja, a inexistência) do tempo, alicerces científicos tidos como inabaláveis até a aurora do século XX.

O livre-arbítrio existe ou será que o Universo é regido por leis que alcançam o porvir? O futuro pode ser construído ou será que é pré-determinado? O tempo é uma realidade ou será que não existe a flecha temporal? Estas são algumas das questões que ecoam ao longo da obra de Prigogine, e as respostas sugeridas por esse pensador, mesmo que ainda controversas para grande parte da comunidade acadêmica, certamente trazem um alento aos defensores da liberdade e da criatividade humanas, conforme veremos.

Na Grécia Antiga, destaca Prigogine (1996), sucedeu-se o “dilema de Epicuro<sup>5</sup>”, partidário da hipótese de que os átomos movimentavam-se paralelamente, portanto sem colisões mútuas, obedecendo a leis deterministas. Epicuro também cria no vínculo entre os fenômenos atômicos e os demais acontecimentos do mundo, incluindo-se aí as atitudes humanas. Mas como o homem poderia construir, inventar e opinar em um universo governado pelos movimentos regulares e deterministas das partículas atômicas? Tentando solucionar o problema, ele imaginou o *Clinamen*, algo que, eventualmente, perturbaria tal ordem, dando espaço às incertezas e, por conseguinte, à liberdade humana. Retomaremos mais adiante o dilema de Epicuro, dessa feita sob a luz das idéias prigoginianas.

As leis da física apregoam um conhecimento que pretende alcançar a certeza. “Dadas as condições iniciais, tudo pode ser determinado”, aspecto que, segundo historiadores, reflete o papel do Deus Cristão, Legislador Todo-Poderoso, que teria, assim, o Universo sob o seu controle. Prigogine cita a seguinte indagação de Einstein em favor do determinismo:

Se a lua, enquanto efetua o seu eterno curso ao redor da Terra, fosse dotada de consciência de si mesma, estaria profundamente convencida de que se move por sua própria vontade, em função de uma decisão tomada de uma vez por todas. (...) O homem defende-se contra a idéia de que é um objeto impotente no curso do universo. Mas o caráter legal dos eventos, que se afirma de maneira mais ou menos clara na natureza inorgânica, deveria cessar de se verificar ante as atividades de nosso cérebro? (apud PRIGOGINE, 1996, p.20-21)

---

<sup>4</sup> A física quântica diz respeito a um sistema físico cujas grandezas observáveis assumem valores discretos, de tal modo que a passagem de um determinado valor para outro ocorre de maneira descontínua, segundo as leis da mecânica quântica.

<sup>5</sup> Epicuro, filósofo grego (341–270 a.C.), ensinava que o prazer é o bem máximo; mas, longe de o fazer consistir nos gozos materiais, Epicuro situava-o na cultura do espírito e na prática da virtude.

Popper<sup>6</sup>, contrariamente, proclama que “o determinismo laplaciano<sup>7</sup> é o obstáculo mais sólido para o caminho de uma explicação/apologia da liberdade, da criatividade e da responsabilidade humanas” (apud PRIGOGINE, 1996, p.21).

No mesmo sentido, Bergson<sup>8</sup> interroga:

De que serve o tempo?...o tempo é o que impede que tudo seja dado de uma só vez. Ele atrasa, ou antes, ele é o atraso. Deve, pois, ser elaboração. Não seria, então, o veículo de criação e de escolha? A existência do tempo não provaria que há certa indeterminação nas coisas? (BERGSON, 1970, p.1333)

Prigogine assevera que, para Popper e Bergson, assim como para si próprio, a realidade e o indeterminismo são solidários. Nas próximas linhas, exporemos o ideário prigoginiano, cujo valor é de grande relevo no que tange à mudança de nossa visão acerca da natureza.

## **Sobre os processos reversíveis e a simetria do tempo**

As físicas clássica, quântica e relativista repousam na crença da inexistência do tempo, o que implica haver tão somente fenômenos reversíveis, que são regulares, estáveis, repetitivos, isto é, processos que podem retornar espontaneamente (reversão) à sua situação inicial. Um exemplo claro de reversibilidade é o movimento de um pêndulo em que atritos/resistências são desprezíveis (condições ideais). Tal movimento, caso fosse filmado por um observador e depois projetado sobre uma tela, produziria a mesma impressão se o filme corresse de trás para a frente ou da frente para trás. Em ambos os sentidos, valeriam as mesmas leis físicas, tornando-se descartável o papel do tempo. Einstein disse em várias ocasiões: “O tempo é ilusão” (apud PRIGOGINE, 1996, p.10). As tradicionais leis da física, que são deterministas, presas a processos reversíveis, descrevem, entretanto, a exceção. Na prática, nenhuma transformação é totalmente reversível. As referidas leis não refletem plenamente o mundo instável, evolutivo e complexo em que vivemos.

A física clássica/newtoniana pretende conduzir ao cálculo da trajetória quando se conhecerem posição e velocidade. Tamanho determinismo anuncia a equivalência entre descrições individuais, que correspondem a trajetórias únicas, e descrições estatísticas, que correspondem a conjuntos. Segundo Prigogine (1996), na mecânica quântica, a função de onda desempenha papel similar ao da trajetória na mecânica

---

<sup>6</sup> Sir Karl Popper: filósofo austríaco naturalizado britânico (1902–1994).

<sup>7</sup> Pierre Simon de Laplace: astrônomo, matemático e físico francês (1749–1827). É, sobretudo, célebre por sua hipótese cosmogônica segundo a qual o sistema solar proviria de uma nebulosa primitiva (Acad. Fr.).

<sup>8</sup> Henri Bergson: filósofo francês (1859–1941). Seu sistema repousa sobre a intuição, concebida como o único meio de conhecimento da duração e da vida (Acad. Fr.; Prêmio Nobel, 1927).

clássica. A equação de Schrödinger<sup>9</sup> calcula os comportamentos/evoluções de uma função de onda, e as da mecânica clássica, conforme citado, delineiam a trajetória de um corpo. São equações deterministas e compatíveis com um tempo reversível ou, melhor dizendo, com um tempo inexistente.

No tocante à questão da reversibilidade, Asimov<sup>10</sup> ressalta o tipo de ocasião em que se pode considerá-la:

Em processos bastante simples, que envolvem apenas uns poucos objetos, é impossível saber se o tempo está avançando ou recuando. As leis da natureza são igualmente válidas em ambos os casos. O mesmo se aplica às partículas subatômicas.

(...) Pelo que se sabe, um elétron que percorre certa trajetória, com o tempo escoando para a frente, poderia ser um pósitron percorrendo essa mesma trajetória, mas com o tempo escoando no sentido contrário (eis um processo reversível). Considerando-se apenas essa partícula, é impossível determinar qual das alternativas é a correta. (ASIMOV, 1982, p.80)

Contudo, a validade das equações determinísticas, em contraposição às estocásticas, revela-se extremamente limitada. Os sistemas que levam a certezas (vide processos reversíveis) correspondem a exceções. Formulações usuais, como o problema de dois corpos, por exemplo o Sol e a Terra (desprezando-se, nesse caso, influências de outros elementos/corpos), não representam a regra tampouco a realidade da natureza, pois, na prática, os objetos/partículas tendem a compor conjuntos de muitos elementos. O Universo é um sistema gigante e complexo.

## **Sobre os processos irreversíveis e a flecha do tempo**

Prigogine destaca que os processos irreversíveis, em oposição aos ditos reversíveis, são aqueles orientados no tempo:

Enquanto os processos reversíveis são descritos por equações de evolução invariantes em relação à inversão dos tempos, como a equação de Newton na Dinâmica Clássica e a de Schrödinger na Mecânica Quântica, os processos irreversíveis implicam uma quebra de simetria temporal. (PRIGOGINE, 1996, p.25)

---

<sup>9</sup> Erwin Schrödinger: físico austríaco (1887–1961), prêmio Nobel em 1933.

<sup>10</sup> Isaac Asimov: bioquímico e escritor (1920–1992). Nasceu na URSS e criou-se nos EUA, tendo lecionado na Universidade de Boston. Famoso tanto por seus trabalhos em Enzimologia quanto pelas obras de divulgação científica (*Eu, Robô*, 1959; *As Cavernas de Aço*, 1954; *Nove Amanhãs*, 1959).

Utilizando o mesmo exemplo da câmera de filmar, se resolvermos, após a filmagem de um evento físico, projetar o filme de trás para a frente e percebermos diferenças em relação à projeção normal, é porque se tratou de um processo irreversível, fenômeno que denota, em oposição ao reversível, a existência de uma “flecha do tempo”, a distinção entre passado, presente e futuro, caso contrário a projeção invertida nada mostraria de diferente e a noção temporal não se verificaria. Trata-se de processos que não podem retornar espontaneamente à situação inicial. Fenômenos como a decomposição radioativa, a viscosidade, a fricção, a mistura de substâncias gasosas, a queda de um objeto etc. são exemplos de processos irreversíveis. Tais acontecimentos não são alcançáveis por leis deterministas. Predominam na natureza, em contraposição aos processos reversíveis, e envolvem quantidades elevadas de partículas/objetos. Quanto mais elementos/objetos/partículas existirem em um sistema, maior será a sua complexidade. Por conseguinte, ele terá um caráter aleatório mais marcante, o que corresponde a tornar-se mais notória a irreversibilidade de seu comportamento.

Não obstante ser acalentada pelo pensamento científico, a reversibilidade da mudança, assevera Prigogine, não havia, por seu lado, sido pensada espontaneamente por ninguém:

Nenhuma especulação, nenhum saber jamais afirmou a equivalência entre o que se faz e o que se desfaz; entre uma planta que nasce, floresce e morre, e uma planta que ressuscita, rejuvenesce e retorna para a sua semente primitiva, entre um homem que amadurece e aprende e um homem que se torna progressivamente criança, depois embrião, depois célula. (PRIGOGINE, 1996, p.158)

Essa declaração é representativa de um repúdio humano intuitivo à reversibilidade e à inexistência do tempo.

A demora para se generalizarem as leis da natureza em termos de irreversibilidade (denotativa de incertezas) deveu-se, afirma o autor (PRIGOGINE, 1996), a dois grandes motivos:

- 1º) Ao “ideológico”, referente ao ponto de vista praticamente divino sobre a natureza, a qual seria eternamente determinável quanto ao seu comportamento;
- 2º) Ao fato de a formulação estatística da natureza requerer um “novo arsenal matemático”, indisponível outrora. O comportamento de um sistema cujos processos são irreversíveis só é “previsível” por meio de leis estatísticas apropriadas.

Temos, de um lado, as leis deterministas, ancoradas nos fenômenos reversíveis (não esqueçamos que, na prática, nenhum processo é totalmente reversível), na atemporalidade, e, de outro lado, os processos irreversíveis, relacionados com a

existência do tempo, um tempo que, segundo indagação de Bergson (já citada neste texto), “não provaria que há certa indeterminação nas coisas?”.

Abordaremos o conceito de entropia e, em seguida, o papel das incertezas na dança das partículas de um sistema dinâmico, noções essas que respaldam a (e são respaldadas pela) realidade/existência do “tempo”, tanto quanto as leis ditas deterministas a descartam/desconsideram.

## **Sobre entropia, instabilidade e caos**

A entropia pode ser definida como o grau de distribuição das energias dentro de um sistema, de tal sorte que, estando melhor distribuídas (quantitativa e qualitativamente) essas energias, ou seja, estando mais homogêneo o sistema em termos energéticos, maior será a sua entropia.

Cabe citar os dois princípios da termodinâmica, essenciais na abordagem de Prigogine:

- 1º) A energia do Universo é constante;
- 2º) A entropia do Universo cresce na direção de um máximo.

O 2º (segundo) princípio proclama que o Universo tende a uma uniformidade energética. Em todos os seus pontos, haverá a mesma quantidade e o mesmo tipo de energia, qual seja a energia térmica. Fisicamente, não se mede a entropia. Somente a sua variação é mensurável. Em condições normais, a entropia de um sistema sempre aumenta (2º princípio). Por exemplo, em um ambiente com gelo e vapor de água, a zero e a cem graus centígrados, respectivamente, tem-se uma heterogeneidade de distribuição de energia térmica, sendo, evidentemente, maior a energia do vapor. Contudo, decorrido algum tempo, naturalmente será atingido o equilíbrio térmico, passando todo o ambiente a apresentar uma distribuição homogênea de energia, ou seja, verificando-se uma elevação de sua entropia. Segundo Gonçalves:

Microscopicamente falando, o conceito de entropia maior está ligado à idéia de maior desordem dentro do sistema. Quando o vapor a 100° C foi mantido separado do gelo a 0° C, é como se as moléculas presentes no sistema estivessem ordenadas de acordo com o seu nível energético; as de maior energia cinética num canto e as de menor energia cinética no outro. Quando misturamos o vapor com o gelo, desmantelamos a ordem que estava estabelecida, ao mesmo tempo que a entropia aumentou. Daí se dizer: nas transformações naturais, a desordem e a entropia aumentam. (GONÇALVES, 1979, p.184)

O progressivo aumento da entropia do Universo (2º princípio) diz respeito a uma modificação das ordens energéticas previamente existentes. Sem fluxos de energia,

a entropia não variaria, e vice-versa. Tal alteração da ordem, ou melhor, tal desordem, batizada de “caos”, traduz-se por fenômenos irreversíveis ou instáveis, pois a repetição característica dos eventos reversíveis ou estáveis não denota mudanças de distribuição energética, não denota variação de entropia.

Os fenômenos irreversíveis condizem com transformações incertas, aleatórias, não-repetitivas, as quais, por isso mesmo, possibilitam-nos a percepção do “transcorrer do tempo”. Em suma, a variação da entropia corresponde à existência da “flecha do tempo”, expressa pelos processos irreversíveis.

Aludindo aos princípios da termodinâmica, Prigogine afirma que o próprio Universo é um sistema termodinâmico altamente heterogêneo e distante do equilíbrio relativo à entropia máxima. O Universo seria um grande sistema instável, em desequilíbrio, rumando para a estabilidade mediante constantes trocas energéticas (processos irreversíveis/temporais) entre suas partes.

Tal afastamento do equilíbrio energético, equilíbrio esse que, ainda hoje, está longe de ser atingido, leva também a certos comportamentos coletivos, a um regime de atividades coerente (como o surgimento e a evolução da vida, por exemplo), impossível no equilíbrio, pois nele, no equilíbrio futuro do Universo, não haverá mais variações quantitativas e qualitativas de energia entre os diversos pontos ou lugares, condição *sine qua non* (as variações) para o surgimento e a manutenção de processos como o vital. Portanto, “nossa existência está vinculada ao afastamento do equilíbrio” (PRIGOGINE, 1996, p.30). Nesse sentido, irreversibilidade e aumento de entropia não estão associados apenas a aumento de desordem. São também fontes de “ordem” (fonte de vida, por exemplo), a qual se mantém por auto-organização. “A irreversibilidade leva ao mesmo tempo à desordem e à ordem” (ibidem, p.29).

Vejam os detalhes como se dá a irreversibilidade, relacionada com a condução do Universo ao estado de entropia máxima, deparando-nos com os comportamentos incertos/aleatórios das partículas de um sistema dinâmico e concluindo pela importância da introdução do elemento estatístico como ferramenta de “aferação” de eventos futuros, haja vista, nesses casos, a falência dos mecanismos de mensuração representados pelas equações da física tradicional.

## **Sobre as incertezas e os sistemas não-integráveis de Poincaré<sup>11</sup>**

Prigogine (1996, p.62) afirma ter adquirido a convicção de que “a irreversibilidade macroscópica é a expressão de um caráter aleatório de nível microscópico”. Orear, guiado pela visão quântica, expressa sua concepção de indeterminismo da natureza por meio das seguintes palavras:

---

<sup>11</sup> Henri Poincaré: matemático francês (Nancy, 1854 – Paris, 1912), um dos maiores de sua época, criou as funções *fuchsianas* (Acad. Fr.).

Nos dias da Física Clássica, estabeleceu-se que, se se soubessem as posições exatas e as velocidades de todas as partículas do universo no instante  $t=0$ , seria possível, em princípio, calcular-se o curso futuro (e passado) do universo a partir de leis exatas da Física. Imaginava-se o universo como uma máquina gigantesca. Utilizando esse raciocínio, os filósofos podiam concluir que todas as ações humanas (mesmo os seres humanos são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons) seriam completamente determinadas. É claro que se tinha noção de que tais cálculos do futuro ou do passado seriam sempre impossíveis por causa do número enorme de partículas do universo. Mesmo assim, tal raciocínio era aborrecido para os que acreditam no livre arbítrio.

Como vemos, pelo princípio da incerteza, há um obstáculo mais fundamental para a efetivação desses cálculos. Assim, o determinismo clássico não é mais imposto ao físico. (OREAR, 1971, p.301)

Prigogine acrescenta um elemento significativo a tal visão: as eventuais interferências entre as partículas de um sistema, o que geraria a “incerteza por excelência” (a incerteza prigoginiana) quanto a comportamentos futuros. Em conformidade com Henri Poincaré, Prigogine classifica os sistemas dinâmicos em dois tipos:

- a) Sistema Integrável de Poincaré: é aquele cuja(s) partícula(s) é(são) dotada(s) de energia cinética, porém destituída(s) de energia potencial, ou seja, ela(s) não sofre(m) influência(s)/interferência(s) de outra(s) partícula(s). É um sistema estável, com comportamento regular alcançável pelas equações da física tradicional. Em consonância com a conclusão a que Poincaré chegou, Prigogine afirma que se trata de fenômeno raro na natureza:

Um sistema dinâmico integrável é um sistema cujas variáveis podem ser definidas de tal maneira que a energia potencial seja eliminada, ou seja, de tal maneira que seu comportamento se torne isomorfo ao de um sistema de partículas livres, sem interação. Poincaré mostrou que, em geral, tais variáveis não podem ser obtidas. Com isso, em geral, os sistemas dinâmicos não são integráveis. (PRIGOGINE, 1996, p.41)

Trata-se da concepção de um conjunto onde há uma ou algumas poucas partículas. Lembremo-nos de que o Universo, contudo, é múltiplo, é plural.

- b) Sistema Não-Integrável de Poincaré: É aquele em que as partículas, além de possuírem energia cinética, são influenciadas/perturbadas pelas suas vizinhas, através de interações que originam energia potencial, havendo variações de frequência (vide formação de “ressonâncias”), o que torna o comportamento futuro de tais partículas incerto (no sentido prigoginiano), aleatório, inalcançável pelas equações da física tradicional, abrindo-se

caminho para a formulação estatística das leis da Dinâmica. Segundo Prigogine (1996), é o caso mais comum na natureza. Diz respeito a situações com muitas partículas. Ele afirma que:

Num mundo isomorfo a um conjunto de corpos sem interação, não há lugar para a flecha do tempo, nem para a auto-organização, nem para a vida. Mas Poincaré não só demonstrou que a integrabilidade se aplica apenas a uma classe reduzida de sistemas dinâmicos, como também identificou a razão do caráter excepcional dessa propriedade: a existência de ressonâncias entre os graus de liberdade do sistema. (PRIGOGINE, 1996, p.41)

As mecânicas clássica e quântica consideram movimentos isolados (sistemas integráveis), ao passo que a irreversibilidade só ganha seu sentido quando consideramos partículas mergulhadas em um meio onde há interações (sistemas não-integráveis).

Logo, no nível estatístico, as ressonâncias (vide sistemas não-integráveis) acarretam a ruptura do determinismo, introduzem a “incerteza prigoginiana” no contexto das mecânicas clássica e quântica (para Prigogine, mesmo a mecânica quântica, restrita a sistemas integráveis, é determinista, a exemplo da equação de Schrödinger, com a qual se pretende calcular os comportamentos de uma função de onda) e, por dizerem respeito a processos irreversíveis, a estruturas dissipativas, quebram a simetria do tempo. As ressonâncias de Poincaré levam a uma forma de caos. De fato, as simulações numéricas mostram que essas ressonâncias induzem o aparecimento de trajetórias erráticas (PRIGOGINE, 1996), inalcançáveis pelas equações da física tradicional. Prigogine garante:

A descrição da natureza circunstante tem, portanto, pouco a ver com a descrição regular, simétrica em relação ao tempo, associada tradicionalmente ao mundo newtoniano. Nosso mundo é flutuante, ruidoso, caótico, mais próximo daquele que os atomistas gregos haviam imaginado. O Clinamen, que fora introduzido para resolver o problema de Epicuro, não é mais um elemento estranho, mas sim a expressão da instabilidade dinâmica. (PRIGOGINE, 1996, p.134)

## **Sobre a descrição estatística do comportamento do Universo**

A incorporação da instabilidade e da não-integrabilidade identifica-se com os processos irreversíveis (vide estruturas dissipativas), associados a uma criação de entropia. Ilya Prigogine assevera que, nos fenômenos instáveis, a equivalência entre os níveis individual e estatístico é quebrada. A probabilidade adquire um significado intrínseco, sendo mais rica que a descrição individual.

(...) Para o trabalho com modelos com poucas variáveis sugerimos a opção pelos determinísticos (baseados em equações diferenciais ordinárias ou de diferenças).

Os modelos práticos, que envolvem interrelações de um grande número de variáveis, por sua vez, são formulados através de um sistema de equações que contemplam numerosos parâmetros.

Nestes casos, um tratamento analítico é geralmente impossível e os métodos de resoluções devem ser computacionais. E, quanto mais complexo ou realista for o modelo, mais difícil será mostrar estatisticamente que ele descreve a realidade! Os modelos “realistas” tendem a empregar *equações estocásticas* em suas formulações – muito mais complexas e dependentes de métodos computacionais sofisticados. (BASSANEZI, 2002, p.326)<sup>12</sup>

Prigogine (1996) afirma com alegria que, diante dos sistemas mais realistas (não-integráveis), o demônio de Laplace permanece incapaz, seja qual for seu conhecimento, finito ou até infinito, e que o futuro não é mais dado, tornando-se, como havia dito o poeta Paul Valéry<sup>13</sup>, uma “construção”.

(...) E eis que mostramos que há dinâmicas das probabilidades! Que o futuro, como nas estruturas dissipativas, não está determinado! E a razão, no fundo, desse “indeterminismo”, é que esses sistemas nos quais esses fenômenos aparecem não se explicam com base nas partículas individuais, mas nos conjuntos; a física deve integrar as estruturas de conjuntos; como, igualmente, não se pode fazer sociologia com base em um único indivíduo. (PRIGOGINE, 2002, p. 37-38)

## **Sobre a reformulação da física para sua adaptação às novas concepções**

Os sistemas dinâmicos instáveis (não-integráveis), diz Prigogine (1996), forçavam-nos a uma reformulação da dinâmica, a uma extensão das mecânicas clássica e quântica. Começamos a perceber os limites de validade dos conceitos fundamentais da física. A nova formulação das leis da natureza não mais se assenta em certezas, em leis deterministas, mas avança sobre possibilidades, denotando a existência do tempo e a evolução do Universo rumo à entropia máxima. Segundo Prigogine:

---

<sup>12</sup> Servimo-nos dessa citação de Bassanezi com o intuito de evidenciar a possibilidade técnica da modelagem mediante equações diferenciais ordinárias ou de diferenças, bem como da modelagem (envolvendo equações estocásticas) em que são consideradas inter-relações de um número expressivo de variáveis, e não necessariamente com o intuito de anunciar que trabalhamos com tais processos durante a nossa pesquisa e/ou nas dinâmicas pedagógicas que implementamos.

<sup>13</sup> Paul Valéry: escritor francês (1871–1945). Elaborou uma ética puramente intelectual. Ensinou arte poética no *Collège de France* e fez diversas reflexões sobre a pintura, a música e as ciências.

(...) Existem, ao mesmo tempo, uma descrição individual (em termos de trajetórias, de funções de onda ou de campos) e uma descrição estatística. E, em todos os níveis, a instabilidade e a não-integrabilidade rompem a equivalência entre essas duas descrições. É em todos os níveis que a formulação das leis da Física deve ser modificada, de acordo com esse universo aberto, em evolução, onde vivem os humanos. (PRIGOGINE, 1996, p.113)

## **Sobre os métodos utilizados para a confirmação do “fim das certezas”**

A revolução narrada por Ilya Prigogine, da qual é partícipe relevante em função de suas contribuições no que se refere à constatação (vide irreversibilidade e estruturas dissipativas) da quebra de equivalência entre os resultados individuais (trajetórias e funções de onda) e os estatísticos (correspondentes a conjuntos/sistemas), tomou por base métodos tradicionais. Conclusões relativas a aumento de entropia, a incertezas quanto ao comportamento de partículas-ondas, entre outras, derivam/derivaram de cálculos, correções, reiterações, enfim, de exercícios mentais e experimentais norteados por recursos de pesquisa já consagrados. No entanto é curioso o fato de que métodos criados para o atingimento de certezas “inabaláveis” tenham conduzido à robustez da incerteza, à “certeza da incerteza”.

Ressalte-se, por último, que os pensamentos contrários<sup>14</sup> ao de Prigogine ainda são deveras fortes na comunidade científica. A física, sem as expansões<sup>15</sup> defendidas pelo autor, ainda está em voga, podendo-se, dessarte, distinguir, entre os pensadores de hoje, os “deterministas” e os “não-deterministas”, o que é indicativo da diversidade das idéias que pululam na atualidade e, no final das contas, talvez de um *Clinamen* contemporâneo.

## **O “fim das certezas” na prática pedagógica**

Acerca da presença da complexidade e/ou da incerteza no próprio seio do determinismo, Morin tece o seguinte comentário:

(...) A complexidade está na origem das teorias científicas, incluindo as teorias mais simplificadoras. Antes de tudo, como estabeleceram, de formas diferentes, Popper, Holton, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, existe um núcleo não-científico em toda teoria científica. Popper acentuou os “pressupostos metafísicos” e Holton

---

<sup>14</sup> Contrariedade expressa pela concepção de que as leis naturais são estritamente deterministas e de que tudo aquilo que parece desordem é apenas uma impressão, devida unicamente à insuficiência de nossos conhecimentos, sendo a irreversibilidade somente uma aproximação das leis dinâmicas reversíveis.

<sup>15</sup> Expansões, como já frisamos, referentes à quebra da equivalência entre os âmbitos individual e estatístico do comportamento dos elementos de um sistema, ou seja, referentes à aceitação da existência da irreversibilidade e/ou das estruturas dissipativas.

destacou os *themata* ou temas obsessivos, que motivam a mente dos grandes cientistas, a começar pelo determinismo universal que é, ao mesmo tempo, postulado metafísico e tema obsessivo. Lakatos mostrou que existe um “núcleo duro”, indemonstrável, naquilo que ele chama de programas de pesquisas e Thomas Kuhn revela em *La structure des révolutions scientifiques (A estrutura das revoluções científicas)* que as teorias científicas são organizadas a partir de princípios que, absolutamente, não derivam da experiência, que são os paradigmas.

Melhor dizendo, e isso é um paradoxo surpreendente, a ciência se desenvolve, não só a despeito do que ela tem de não-científico, mas graças ao que ela tem de não-científico. (MORIN, 2001c, p.186)

Ademais, prevalente no pensamento científico moderno, a ação de fragmentar um problema quando da tentativa de solucioná-lo denota, por mais que não haja consciência a esse respeito, uma postura ante a complexidade e/ou o indeterminismo, colocando à mostra o papel alternativo desempenhado pelo pensamento simplificador com vistas à consecução de soluções para as questões levantadas. A ação de separar/compartimentalizar, contudo, é insuficiente, aumentando sob vários aspectos a distância entre o sujeito/pesquisador e a complexidade do objeto/problema estudado.

Em que pese a prescrição cartesiana, a própria ciência, em seu desenvolvimento histórico, não prescindiu da complexidade. Morin lembra-nos que:

(...) A história das ciências não é somente a da constituição e proliferação de disciplinas, mas também a das rupturas de fronteiras disciplinares, de sobreposições de problemas de uma disciplina sobre outra, de circulação de conceitos, de formação de disciplinas híbridas que terminaram por se autonomizar. É, igualmente, a história da formação de complexos nos quais diferentes disciplinas se agregam e se aglutinam. Dito de outra forma, se a história oficial da ciência é a da disciplinaridade, a “inter-trans-poli-disciplinaridade”, embora ligada e inseparável dela, constitui uma outra história, que lhe é associada e inseparável. (MORIN, 2002e, p.40)

Epicuro acreditava que o comportamento dos homens era reflexo dos eventos atômicos. A ocasional incerteza cinética de tais partículas seria extensiva às atitudes humanas, o que significaria a manifestação da liberdade e da criatividade (PRIGOGINE, 1996).

A crença de que a mente humana não é subordinada a um determinismo mecanicista constitui-se em idéia razoável, em nossa opinião, sob os pontos de vista poético e filosófico. Quando acrescentamos a isso a concepção prigoginiana do fim das certezas na natureza, somos levados a concluir que Epicuro, malgrado os limites científicos de seu tempo, construiu deduções impressionantes.

Exemplo marcante da incerteza nos contatos interpessoais é a prática pedagógica. Não há como determinar com exatidão os desdobramentos das relações entre alunos,

assim como os daquelas entre eles e os professores, o que tende a corroborar os pensamentos enunciados por Ilya Prigogine, em que pese a sua teoria voltar-se originalmente para os fenômenos físicos/químicos.

A cada momento, o processo de ensino-aprendizagem coloca os seus artífices diante do inusitado. Tal incerteza, agora entendida como sinônimo de criatividade, reforça a tese de que os professores têm a seu dispor um manancial pedagógico digno de nota, generoso em fenômenos únicos, permitindo-lhes o exercício de múltiplas reflexões e pesquisas, dando-lhes, por conta disso, passaporte para a fuga da condição que se lhes atribui de meros transmissores de informações/conteúdos.

Quando se acreditava na fragmentação, acreditava-se também, forçosamente, no determinismo das leis naturais. Nesses termos, não haveria interações que viessem a desviar as rotas pré-estabelecidas. Da feita que se passou a admitir a união ou ligação de elementos distintos, entrou em cena o fator “incerteza”, compondo a trilogia complexa “distinção-união-incerteza”, apregoada por Edgar Morin. A propósito, Petraglia (2002) assevera que a diversidade e a unidade do todo não são expressas pelos limites e insuficiências de um pensamento simplificador. Afirma também que o pensamento moriniano, pautado na epistemologia da complexidade, compreende unidades, interações diversas e adversas, incertezas, indeterminações e fenômenos aleatórios.

O sujeito age sobre o mundo exterior, e vice-versa, sendo que a singularidade de tais momentos demanda que o referido sujeito/perscrutador mantenha-se em permanente estado de vigília reflexiva e investigativa. A sala de aula, nesse sentido, torna-se um ambiente repleto de experiências únicas, fonte inestimável de material de pesquisa. Morin, Ciurana e Motta afirmam que:

(...) Em situações complexas, nas quais, num mesmo espaço e tempo, não há apenas ordem, mas também desordem; não há apenas determinismos, mas também acasos; em situações nas quais emerge a incerteza, é preciso a atitude estratégica do sujeito ante a ignorância, a desarmonia, a perplexidade e a lucidez. (MORIN, CIURANA; MOTTA, 2003, p.18)

Diante de tantas possibilidades, talvez seja mais fácil “construir” do que ficar “inerte”, se é que a incerteza dá margem a algum tipo de inércia.

## **Determinismo x previsibilidade**

Prigogine (1996) frisa que o indeterminismo acalentado por Whitehead, Bergson e Popper torna-se mais aceitável e imperioso na física a cada dia que passa. Esse indeterminismo não deve, entretanto, ser confundido com imprevisibilidade. Ora se trata de previsibilidade alcançada pela probabilidade. Lembra o dilema epicurista

diante do determinismo, bem como a mudança, atualmente, da situação, posto que a física e outras ciências já podem confirmar a realidade da temporalidade e da criatividade em um Universo em evolução.

Por sua vez, os contextos históricos ajudam-nos a entender o porquê do afã de se encontrar uma verdade absoluta. Apesar da tentativa de se separar sujeito de objeto, resultante da oposição à interferência religiosa na produção do conhecimento (vide Renascimento e primórdios da Ciência Moderna), podemos dizer que o determinismo religioso continuou a imperar no pensamento científico através da crença em leis naturais absolutas, inabaláveis, sem lugar para incertezas, com um futuro demarcado pelo Criador, futuro que, em função de sua regularidade, também seria alcançável pelo homem através da compreensão desses mecanismos fixos que regeriam a “máquina” do Universo.

“Como encontrar a certeza” foi a questão que inspirou a vida e a obra de René Descartes, tanto mais porque o filósofo e matemático viveu em uma época de crises e de guerras, sobretudo religiosas, entre grupos que se gabavam de possuir essa certeza. Descartes procurava uma verdade que estivesse além das divergências. Buscava uma certeza científica que valesse para todos os homens, certeza que a sociedade ocidental julgou alcançada em sua plenitude não muito tempo depois, através da física newtoniana, imbatível por dois séculos.

Artífices importantes de uma nova revolução de idéias, Ilya Prigogine e seus congêneres, na agitação da virada do milênio (um tempo caracterizado por crises e por mudanças profundas, constituindo-se, pois, em época favorável à aceitação de referida revolução), afirmam, ao contrário, que “o futuro não é dado”, que “vivemos o fim das certezas”, o que não torna o Universo menos belo aos nossos olhos!

Porém, tanto o acaso puro, repudiado por Einstein, que disse em certa ocasião que Deus não joga dados (PRIGOGINE, 1996), quanto o determinismo significam negação da realidade. Weber, em tom esclarecedor relativamente ao uso da expressão “aleatório” nos textos prigoginianos, afirma:

Prigogine utiliza esse termo de maneira diferente da de outros cientistas (...).

Para Jacques Monod (Chance and necessity), por exemplo, o conceito de aleatório supõe um mundo governado pela casualidade cega, que aponta para um universo carente de sentido em termos humanos, próximo ao mundo “absurdo” dos filósofos existencialistas, em que Monod apóia seus argumentos.

Mas, para Prigogine, aleatório é sinônimo de não-determinado, espontâneo, novo: numa palavra, criativo. (WEBER, 1997, p.225)

Segundo o próprio Prigogine (1996), deve-se construir, no que diz respeito ao determinismo das leis naturais e ao acaso, os quais levam à alienação, um caminho estreito entre ambos, pautado por aferições probabilísticas.

Os que prezam a criatividade enfim agradecem!

### 3 PONTOS EM COMUM

O ideário de Ilya Prigogine e a teoria da complexidade moriniana reconhecem a realidade da incerteza. O determinismo não impera na natureza. O futuro não é totalmente dado porque comporta a incerteza, sendo construído conforme a nossa criatividade, conforme a “criatividade” do mundo à nossa volta.

De acordo com Morin:

Na termodinâmica, Prigogine detectou fenômenos de bifurcação no mundo físico. Num dado momento, encontram-se em jogo fatores de influências mútuas, sendo suficiente um fator infinitesimal para que um processo caminhe mais por um caminho do que pelo outro. (MORIN, 2002b, p.94)

Para Morin, o pensamento complexo é, essencialmente, o pensamento que integra a incerteza e que é capaz de considerar a organização. Prigogine afirma que “(...) Já não podemos aceitar as velhas distinções a priori entre valores científicos e éticos (...). Hoje sabemos que o tempo é uma construção, o que acarreta uma responsabilidade ética. (...) Em consequência, a atividade intelectual é relevante” (PRIGOGINE, 1997, p.227).

A “interação” é uma característica presente em ambos os pensamentos, no de Prigogine e no moriniano. Prigogine (1997, p.230) acredita que “(...) Chegamos hoje à percepção de estarmos entranhados no mundo como um todo (...)”, aceitando a realidade das interações. É preciso complementar a especialização com uma visão que, além de distinguir, possa associar, unir. “A compartimentalização do conhecimento é algo extremamente limitador e sobretudo condicionador” (D’AMBRÓSIO, 1993, p.82).

A relação sempre transformadora que aproxima sujeito e objeto do conhecimento constitui-se paradoxalmente em causa de um permanente processo que mantém distantes sujeito e objeto, daí o fato de o modelo/representação ligar e ao mesmo tempo afastar um do outro. Esse diálogo entre singularidades diz respeito à manifestação da incerteza, a qual, a seu turno, denota criatividade, contraposta à exclusividade dos processos ditos reversíveis ou deterministas alardeados pelo paradigma moderno.

Se o homem, conforme o paradigma complexo/emergente, a cada instante é causa e efeito do mundo, mostra-se então insensata a crença no isolamento das partes e na inexistência de vínculos entre elas e a(s) totalidade(s) que as abrange(m). O novo paradigma, que diz respeito a um “Universo complexo”, uma vez transportado para a seara pedagógica, corrobora a importância do professor como pesquisador, aproveitando-se o fato de que, nesses termos, a unicidade do que acontece no interior da sala de aula é/seria protagonizada pelos seus partícipes. Mesmo quando se tenta apenas repetir, não se pode escapar à mudança, pois a irreversibilidade dos acontecimentos impregna o mundo. Além do mais, uma prática docente de cunho permanentemente reflexivo e investigativo tenderá/tenderia a subsidiar o alunado na construção de modelos explicativos cada vez mais burilados acerca dos objetos estudados.

No passado, havia unanimidade quanto à veracidade da dicotomia entre sujeito e objeto do conhecimento. Atualmente, aumenta o fôlego da idéia de ligação entre as particularidades de/e um todo. Outrora, defendia-se a hegemonia do binômio formado por fragmentação e determinismo. Agora, o pensamento de união e de incerteza/criatividade, contraposto e ao mesmo tempo complementar ao paradigma da simplificação, ganha mais e mais adeptos. Em outros tempos, não era estranha a concepção de professor como mero transmissor de conteúdos pré-estabelecidos. Nos dias de hoje, o fazer docente imbuído de reflexão e de pesquisa é tido por um número expressivo de pessoas como alternativa segura para colocar a escola em sintonia com a complexidade da vida.

#### 4 CONSIDERAÇÕES NECESSÁRIAS

Em que pese a complexidade dos objetos demandar representações cognitivas subsidiadas por recursos “estocásticos”, sob pena da geração de representações/modelos menos próximos dos objetos estudados, o nosso intento maior, ao tratarmos de alguns pontos comuns dos ideários de Edgar Morin e de Ilya Prigogine, a exemplo de ambos admitirem a realidade da tríade complexa “distinção-união-incerteza/criatividade”, não foi tanto salientar a nossa adesão à construção de representações/modelos que se pautassem por técnicas estocásticas – embora admitamos a sua importância – quanto enfatizar o valor, em nível filosófico, da tríade supracitada, que guarda correspondência com o tetragrama complexo formado por “ordem, desordem, interação e organização”.

Em termos pedagógicos, no sentido de que os laços entre os conhecimentos sejam reforçados, propomos aulas ministradas não por um único professor, mas pelo que resolvemos chamar de Duplas Heterogêneas de Professores (DHP<sup>16</sup>). Eles, os professores dessas díades, teriam formações acadêmicas distintas e trabalhariam em parceria entre si e com os estudantes, no mesmo espaço-tempo pedagógico, permutando idéias, criando vínculos intra (referentes a tópicos internos das disciplinas) e interdisciplinares, buscando, em instância maior, uma proximidade cada vez mais estreita da complexidade dos objetos estudados, em concordância, assim cremos, com os ideários de Ilya Prigogine e de Edgar Morin.

Entendemos ser conveniente divulgar, por fim, um depoimento poético de Prigogine acerca da maravilha da complexidade:

O universo parece ter algum parentesco com as Mil e Uma Noites, no qual Shehrazade narra histórias encravadas umas nas outras: há a cosmologia, a história da natureza encravada na cosmologia, a vida na matéria, as sociedades humanas como parte da história da vida. (PRIGOGINE, 2001, p.34)

---

<sup>16</sup> Vide Levy (2003), disponível no *site* do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria da Conceição de. Complexidade, do casulo à borboleta. In: CASTRO, Gustavo de; CAVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p.21-41.
- ASIMOV, Isaac. *Asimov explica*. 2.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BERGSON, Henri. Le possible et le réel. In: *Oeuvres*. Paris: PUF, Édition du Centenaire, 1970.
- BETTO, Frei. Indeterminação e complexidade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p.42-48.
- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos seres vivos*. 9.ed. São Paulo: Cultrix, 2004.
- D'AMBRÓSIO, Ubiratan. A transdisciplinaridade como acesso a uma história holística. In: WEIL, Pierre; D'AMBRÓSIO, Ubiratan; CREMA, Roberto. *Rumo à nova transdisciplinaridade: sistemas abertos de conhecimento*. São Paulo: Summus, 1993, p.75-124.
- GONÇALVES, Dalton. *Física*. 3.ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1979.
- LEVY, Lênio Fernandes. *Os professores, uma proposta visando à transdisciplinaridade e os atuais alunos de matemática da educação pública municipal de jovens e adultos de Belém, Pará*. Dissertação de Mestrado: Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática e Científica (NPADC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), 2003.
- LIMA, Hermano Machado F. Ciência e complexidade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p. 49-54.
- MORIN, Edgar. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. 2.ed. Porto Alegre: Sulina, 1999.
- \_\_\_\_\_. Ciência e consciência da complexidade. In: MORIN, E.; LE MOIGNE, J. L. *A inteligência da complexidade*. 2.ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2001a, p. 25-41.
- \_\_\_\_\_. A epistemologia da complexidade. In: MORIN, E.; LE MOIGNE, J. L. *A inteligência da complexidade*. 2.ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2001b, p. 43-137.
- \_\_\_\_\_. *Ciência com consciência*. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001c.
- \_\_\_\_\_. Complexidade e ética da solidariedade. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgar de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002a, p.11-20.
- \_\_\_\_\_. Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios. In: ALMEIDA, Maria da Conceição de; CARVALHO, Edgar de Assis. (orgs.). *Edgar Morin*. São Paulo: Cortez, 2002b, p.11-102.
- \_\_\_\_\_. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 6.ed. São Paulo: Cortez, 2002c.
- \_\_\_\_\_. Edgar Morin: ninguém sabe o dia que nascerá. São Paulo: UNESP; Belém: UEPA, 2002d, *entrevista concedida a Edmond Blattchen*.

\_\_\_\_\_. A articulação dos saberes. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002e, p.29-74.

MORIN, Edgar; CIURANA, Emílio-Roger; MOTTA, Raúl Domingo. *Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem pelo erro e incerteza humana*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.

MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. *Terra-pátria*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002.

OREAR, Jay. *Física*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1971.

PETRAGLIA, Izabel Cristina. *Edgar Morin: a educação e a complexidade do ser e do saber*. 7.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002, 115p.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: UNESP, 1996.

\_\_\_\_\_. O reencantamento da natureza, Nova York, EUA, 1984. Diálogos com cientistas e sábios: a busca da unidade. 12.ed. São Paulo: Cultrix, 1997, p.223-242. *Entrevista concedida a Renée Weber*.

\_\_\_\_\_. Ciência, razão e paixão. In: CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (Orgs.). *Ilya Prigogine*. Belém: EDUEPA, 2001, p.13-101.

\_\_\_\_\_. Nome de deuses, Liège, Bélgica, 1997. *Ilya Prigogine: do ser ao devir*. São Paulo: UNESP, Belém, PA: EDUEPA, 2002 (entrevista concedida a Edmond Blattchen).

SILVA, Juremir Machado da. Em busca da complexidade esquecida. In: CASTRO, Gustavo de; CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de. (orgs.). *Ensaios de complexidade*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 2002, p. 93-102.

WEBER, Renée. *Diálogos com cientistas e sábios: a busca da unidade*. 12.ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

**Recebido em:** ago. 2007    **Aceito em:** dez. 2007

# A energia nossa na leitura de cada dia

Paula Pires de Quadros  
Renato P. dos Santos

## RESUMO

A palavra 'energia' é de ocorrência freqüente em nosso vocabulário, especialmente hoje em dia, dadas nossas preocupações com o esgotamento dos recursos energéticos e com a crescente utilização de energias ditas 'alternativas' para evitar a poluição do meio ambiente. Todavia, na linguagem cotidiana, é geralmente descrita não como um conceito físico abstrato mas como algo real, freqüentemente utilizado como sinônimo de força e poder, com caráter antropocêntrico e antropomórfico. Assim, por exemplo, são comuns expressões como 'gastar energia', 'armazenar energia' e 'produzir energia', as quais não têm sentido para um físico. Note-se que isto pode dar margem a uma manipulação, intencional ou não, pela comunicação de massas, enquanto que a Publicidade faz largo uso da conotação positiva que atribuímos a essa palavra para nos induzir a consumir produtos tais como alimentos que 'dão força e energia', cosméticos e roupas que têm cor 'energética', etc. Neste trabalho apresentamos os primeiros resultados de uma análise textual de materiais não científicos, tais como dicionários, enciclopédias, jornais e revistas, visando identificar a presença explícita ou implícita de tais concepções alternativas referentes ao conceito de energia, tal como documentadas na literatura. Foram encontradas freqüentes manifestações de concepções alternativas em todos esses materiais, inclusive em revistas de divulgação científica, e exemplos característicos foram selecionados e analisados.

**Palavras-chave:** Concepções alternativas. Física intuitiva. Energia (Física). Ensino de Física. Comunicação de massa.

## Our energy in our daily reading

### ABSTRACT

The word 'energy' is of frequent usage in our daily vocabulary, especially nowadays, given our concerns with the exhaustion of the energy resources and with the increasing use of said 'alternative' energies to prevent the environmental pollution. However, in the quotidian language, it is generally described not as an abstract physical concept but as something real, frequently used as synonymous of force and power, with anthropocentric and anthropomorphous characters. Thus, for example, expressions like 'to spend energy', 'to store energy' and 'to produce energy', are common while finding no place in a vocabulary of Physics. Notice that this can give edge to a manipulation, intentional or not, from the mass media, while the Advertising Industry make use of the positive connotation that we attribute to this word in inducing us to consume products such as foods that 'give force and energy', cosmetics and clothes that have 'energetic' color, etc. In this work we present the first results of a textual

---

Paula Pires de Quadros é discente do curso de Engenharia Ambiental – ULBRA Canoas.

Renato P. dos Santos é professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – ULBRA Canoas. E-mail: renatowhas@fisica-interessante.com

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 27-38	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	----------	----------------

analysis of non-scientific materials, such as dictionaries, encyclopedias, periodicals and magazines, aiming at identifying the explicit or implicit presence of such alternative conceptions referring to the energy concept, such as registered in literature. Frequent manifestations of alternative conceptions had been found in all these materials, even in magazines of science popularization, and characteristic examples had been selected and analyzed.

**Keywords:** Alternative conceptions. Intuitive physics. Energy (Physics). Physics education. Mass media.

## INTRODUÇÃO

A crescente inserção socioeconômica da ciência decorre da aceitação, pela sociedade, do caráter benéfico da atividade científica e de suas aplicações. Isto implica uma rápida assimilação, na vida cotidiana dos indivíduos, dos artefatos técnico-científicos transformados em objetos de consumo, dada a velocidade com que vêm ocorrendo as inovações nesse campo. A própria sociedade amplia seu interesse e sua preocupação em melhor conhecer – e também controlar – o que se faz em ciência e o que dela resulta. Nesse contexto, torna-se crucial entender o modo pelo qual a sociedade percebe a atividade científica e absorve seus resultados, bem como os tipos e canais de informação científica a que tem acesso (ALBAGLI, 1996). O trabalho de Lucas (1983, apud ALBAGLI, 1996) indica que a escola não é capaz de prover toda a educação e a informação científica requerida pelo cidadão, ao longo da vida, na busca de acompanhar as rápidas transformações técnico-científicas, em nível mundial, e de participar nas decisões relacionadas ou influenciadas pela ciência. Hoje em dia, ainda que não intencionalmente, adultos e crianças são expostos e estão em contato com diferentes outras fontes de informação científica fora da escola, sendo os principais a televisão e a mídia impressa. Neste trabalho, nos concentraremos nesta última forma de divulgação científica.

Considera-se que o jornalismo científico propriamente dito foi iniciado por Oldenburg, com a publicação do periódico *Philosophical Transactions*, pela Royal Society, em 1665, na Inglaterra. A linguagem utilizada era acessível mesmo para as pessoas menos educadas. Muitos cientistas começaram a colaborar com esse esforço, e esse padrão de comunicação expandiu-se para o resto da Europa e para as colônias britânicas na América do Norte. Ao final do século XIX, no entanto, a profissionalização e a especialização da atividade científica resultaram em uma radical separação entre os cientistas de tempo integral e os não cientistas interessados em ciência e, conseqüentemente, na separação formal entre comunicação científica e meios de popularização. De lá para cá, ainda que a profissionalização do jornalismo científico tenha avançado consideravelmente nas últimas décadas, essa atividade permanece alvo de variadas críticas e controvérsias, muitas das quais no âmbito da própria comunidade científica. No entanto, com tudo isso, o jornalismo científico permanece sendo o veículo mais tradicional para a divulgação da ciência e a transmissão de informação científica para o público em geral. Embora a divulgação científica seja geralmente percebida como sendo baseada em mecanismos de educação informais, dado que seu alvo é o público leigo em geral, é inevitável sua relação com a educação científica formal oferecida pelas escolas primárias e secundárias (ALBAGLI, 1996).

No Brasil, em particular, desde o assim chamado “apagão” de 2001, tem havido uma grande procura por informações sobre produção, distribuição, custos e fontes alternativas de energia, fazendo com que o tema recebesse especial atenção da mídia. Deve-se notar, porém, que a utilização dada à palavra energia no cotidiano ou na linguagem jornalística nem sempre corresponde à definição que lhe é dada no âmbito científico, sendo esta freqüentemente, utilizada de forma vaga, equivocada e, por vezes, até esotérica (MATTOZO, 2004). Conforme observamos no nosso levantamento, são comuns expressões como ‘gastar energia’, ‘armazenar energia’ e ‘produzir energia’, as quais não têm sentido para um físico. Segundo Tratchman (1981, apud ALBAGLI, 1996), “a natureza freqüentemente ambígua do conhecimento científico não permite, mesmo a um cidadão cientificamente “iniciado”, ter discernimento a respeito da informação científica que lhe está sendo transmitida.” Com isso, por exemplo, pode acontecer que uma notícia num jornal referente à questão ecológica seja compreendida pelo leitor em termos bem diferentes do que pretendia seu autor ou do que compreenderia um cientista. Corrêa (1987, apud MATTOZO, 2004) vai mais longe, afirmando que “não seria tão grave se o objetivo desse signficante – a coisa que a palavra exprime – não estivesse relacionado com a nossa qualidade de vida, mais ainda, e principalmente, com a nossa comida – ingrediente material básico da existência – e conseqüentemente com a sua negação, a morte”.

Em função da problemática acima exposta, do impacto que a divulgação científica através da mídia impressa tem sobre a formação do conceito de energia no indivíduo, influenciando decisivamente no seu aprendizado científico formal na escola, pretendemos, com este trabalho, identificar e analisar em materiais escritos, tais como livros, jornais, revistas, a presença explícita ou implícita de tais concepções alternativas.

## VISÕES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

As situações quotidianas, a convivência entre pessoas, os meios de comunicação possuem grande influência em nossas decisões, pensamentos e ações e apresentam-se de forma relevante em nossa formação de conceitos. Através do mundo que nos rodeia podemos adquirir de maneira espontânea e até mesmo intuitiva, conceitos sobre o funcionamento de tudo o que pertence a nossa realidade (DRIVER, 1985). Entretanto, a imaginação ou a intuição abrem portas para uma “cultura” da matéria que não é a da Ciência, entrando em conflito com aqueles propostos por ela. De fato, antes mesmos de estudarmos Física, já possuímos opiniões, explicações sobre como os corpos se movimentam, os objetos caem, etc. e, ao ingressarmos na escola, já possuímos nossas próprias teorias, as quais conflitam com as concepções científicas que são transmitidas pelo professor. Sabe-se, por exemplo, que, por mais que sejam conhecidas as Leis de Newton, muitas pessoas acreditam que objetos em movimento se comportam de maneira diferente.

Essas concepções, que hoje são denominadas de concepções alternativas, eram consideradas erradas (em inglês *misconceptions* ou *misunderstandings*) até pouco tempo atrás. Porém, acabam por serem transmitidas, confirmadas e reforçadas socialmente

através das diversas formas de comunicação das massas, e que, conforme Solomon (1983) aponta, essa forma de conhecimento “socializado” não pode ser eliminada de forma a manter nossa capacidade de comunicação com as pessoas em geral. Muitas idéias e significados que se referem a conceitos físicos não podem ser simplesmente considerados errôneos, mas fazem parte de uma estrutura complexa que promove uma sensível e coerente explicação do mundo, do ponto de vista das pessoas.

É de extrema importância ressaltar, que vários autores apontam que, durante o processo de aprendizado formal de Física, os conceitos oficiais antes superpõem-se aos conceitos espontâneos do que os substituem. Contudo, este pode ser um dos inúmeros fatores que explicam na ocorrência tão freqüente de concepções alternativas em nosso vocabulário e que, de certa forma, nos deixam confusos quando se trata de conceitos relacionados a essa Ciência!

Um exemplo é a palavra ‘energia’, de ocorrência freqüente em nosso vocabulário, especialmente hoje em dia, dadas nossas preocupações com o esgotamento dos recursos energéticos e com a crescente utilização de energias ditas ‘alternativas’ para evitar a poluição do meio ambiente. A introdução do termo “energia” na Física se deu no século XVII por Kepler, assim como sua distinção dos conceitos próximos de força e trabalho. O conceito de que energia é a habilidade de produzir trabalho vem do século XVII e foi colocado em questão quando a energia foi definida por Helmholtz quantitativamente como uma quantidade conservada em 1840 (ELKANA, 1967, apud TRUMPER, 1990). Duit (1987) relata que, numa visão conceitualista, energia é uma idéia abstrata inventada por cientistas para ajudar na investigação quantitativa de fenômenos, e sua importância se insere no fato de que, para todos os fenômenos até agora estudados, uma rigorosa lei de conservação é aplicável.

Na linguagem cotidiana, no entanto, o emprego da palavra energia se dá de maneira muito freqüente, implicando numa variedade de significados e interpretações que se apresentam de forma inconsistente aos Princípios Fundamentais da Mecânica Newtoniana. Como Richmond (1982) aponta, energia significa muitas coisas diferentes para pessoas diferentes. Atribui-se, então, a este conceito, muitas descrições de caráter antropocêntrico e antropomórfico, que podem provocar associações incorretas a outros conceitos físicos, como por exemplo, energia sendo a capacidade de realizar trabalho. Mattozo (2004) lembra que “a mídia, como instrumento de acesso às informações que circulam em espaços normalmente restritos, tem uma grande e ainda crescente importância no esclarecimento público sobre a questão da energia e suas implicações sociais, ambientais e econômicas, fornecendo subsídios para que o cidadão comum conheça os fatos e as perspectivas que cercam as suas condições de vida.” Sua utilização, de maneira livre, em diversos meios de comunicação (jornais, revistas, horóscopos, etc.) e na publicidade em geral, tem desvirtuado a noção de energia como um conceito físico abstrato, que deveria ser utilizado somente em assuntos de cunho científico, passando a ser tratada como algo real, como um fluido, um combustível, ou até mesmo como um produto, que pode ser armazenado, comprado, produzido, gasto, etc. Note-se que isto pode mesmo dar margem a uma manipulação do público, de forma intencional ou não, associando

energia a noções de “força” e “poder”, e, especialmente na Publicidade, induzindo o público a consumir produtos tais como alimentos que “dão força e energia”, cosméticos e roupas que têm “cor energética”, etc..

## METODOLOGIA

Foi feita uma pesquisa bibliográfica da literatura acumulada sobre concepções alternativas, especialmente referentes ao conceito de energia, seguida de uma análise textual de materiais, tais como jornais, revistas, livros didáticos e obras de referência, visando identificar a presença de tais concepções.

Classificamos os materiais nas seguintes categorias:

- Revistas de interesse geral: Época, IstoÉ e Veja
- Revistas femininas: Cláudia
- Revistas de Divulgação Científica: Galileu
- Revistas de Negócios e Economia: IstoÉ Dinheiro
- Revistas infantis: Ciência Hoje das Crianças e Nosso Amiguinho
- Jornais: Zero Hora
- Revista Planeta
- Seção de Astrologia do jornal Zero Hora
- Livros didáticos de Física, de Química e de Biologia
- Obras de referência: dicionários

Para orientar nossa categorização de concepções alternativas na mídia, baseamos na taxonomia de Watts (1983), que relaciona sete visões alternativas referentes ao conceito de energia:

- 1) “*Energia centrada no ser humano*”: a ação humana, inclusive do ponto de vista psicológico, como possuindo energia;
- 2) “*Modelo depósito de energia*”: energia como um agente causal, um tipo de atividade baseada ou armazenada dentro de certos objetos, incluindo o próprio corpo humano. McClelland (1989) observa que se alguma coisa é armazenada, esta deve ser material. Pode-se armazenar combustíveis, mas não energia.
- 3) “*Energia como um ingrediente*”: um agente reativo, não necessariamente como um agente causal. A energia não é fornecida mas é disparada, por exemplo, quando o alimento é ingerido ou o carvão é queimado. McClelland (1989) aponta que é muito comum textos de física associar energia envolvida em processos com carboidratos ou hidrocarbonetos e ignorar todo o oxigênio;
- 4) “*Energia como uma atividade óbvia*”: a energia é identificada com o próprio movimento, isto é, corresponde à energia cinética, excluindo todas as outras formas;

- 5) “*Energia como um produto*”: tratada como um resultado de um processo, é vista como algo não conservado, que tem vida relativamente curta: algo que é criado, que age e então é consumido, desaparece ou enfraquece. Duit (1981) comenta que no uso cotidiano da palavra energia, o aspecto de conservação não está incluído.
- 6) “*Energia é funcional*”: o conceito de energia não é uma quantidade descritiva mas é restrito a aplicações técnicas úteis, associadas à produção de conforto, qualidade de vida para o homem;
- 7) “*Modelo de transferência por fluxo de energia*”: energia é um fluxo, um fluido, algo substancial que precisa fluir para que um processo ocorra. Segundo Duit (1987), existe uma visão “materialista” de energia, onde ela é representada como um tipo de fluido que viaja através de máquinas e ao longo de fios.

Sentimos, entretanto, a necessidade de incluir uma oitava categoria:

- 8) “*Esotérica*”, designação provisória para associações do conceito de energia a qualidades dificilmente mensuráveis e/ou de existência duvidosa, tais como “bem-estar”, “energias positivas”, “energias dos cristais”, etc., cuja conceituação, esperamos, fique mais clara pelos exemplos identificados abaixo.

Para além destes, incluímos as categorias “correta” e “incorreta” quando a utilização do conceito aparece num contexto científico, sem se classificar em nenhuma das categorias acima, mas de forma cientificamente correta ou incorreta, respectivamente.

## **LEVANTAMENTO DE EXEMPLOS E ANÁLISE**

Apresentamos em seguida alguns exemplos levantados em revistas e jornais:

“Marta diz ter energia para campanha” (Zero Hora)

“Esse agito é possível porque Celina tem energia e pode contar com uma série de serviços e produtos próprios para sua idade.” (ISTOÉ Dinheiro, 26/11/2003, p.78)

Nestes exemplos, observa-se a presença do esquema 1 “Energia centrada no ser humano”, é a agitada Celina – e não o sistema em que ela pode estar imersa – que ‘possui’ energia.

“Nessa condição, o corpo trabalha em ritmo acelerado, o que consome suas reservas de energia e pode deixá-la doente.” (Cláudia, 05/1999, p.156)

Aqui, o corpo é visto como um reservatório de energia, denunciando a presença do esquema 2 - “Modelo depósito de energia”.

“Está lançando no país o primeiro refrigerante com energético do mundo.” (ISTOÉ Dinheiro, 03/12/2003, p.56)

“Como esclarece Amélio Matos, a glicose é uma importante fonte de energia do organismo e a única do cérebro” (Cláudia, 02/1999, p.86)

De acordo com o esquema 3 - “Energia como um ingrediente”, o ‘energético’ é apenas mais um ingrediente, como poderia ser o caso de ‘com sacarina’ ou ‘com corante natural’.

“Evite colocar alimentos quentes na geladeira, pois aumentam o consumo de energia.” (Galileu, Dossiê, 01/2004)

“As formas de produção de energia diferenciam-se de acordo com a fonte geradora, o impacto no meio ambiente e a viabilidade econômica.” (Almanaque Abril 1998, São Paulo: Abril, 1998)

“Ventos geram energia limpa” (Zero Hora, Economia, 29/03/2004)

“Quem não consumir menos energia poderá pagar mais 130% na conta” (ISTOÉ, Economia & Negócios, 9/05/2001)

“Petrobras, Cemig e Alcan são empresas de engenheiros dedicados a produção de petróleo, energia elétrica e alumínio.” (ISTOÉ Dinheiro, 14/01/2004, p.76)

“Os avanços da tecnologia, em especial o das células de Hidrogênio, apontam para uma modalidade inédita de produção de energia.” (ISTOÉ Dinheiro, 03/12/2003, p.40)

“Um dos pontos centrais do modelo é a divisão do mercado em ‘energia velha’ e ‘energia nova’” (ISTOÉ Dinheiro, 25/02/2004, p.28)

“Para os pesquisadores, o corpo gasta energia para elevar a temperatura da água à interna do corpo.” (Galileu, Em dia, 04/2004)

Nestes exemplos, nota-se a presença do esquema 5 – “Energia como um produto”. Energia é algo não sujeito às leis de conservação, que pode ser produzido – eventualmente numa ‘fábrica’ – e consumido.

“O país tem procurado encontrar a maneira que assegure que a nossa utilização de energia nuclear é totalmente para fins pacíficos – afirmou o ministro das Relações Exteriores, Celso Amorim” (Zero Hora, Política, 6/04/2004)

Aqui, o ministro defende a utilização da energia nuclear no nosso país invocando “fins pacíficos”, ou seja, promovendo conforto aos brasileiros, num pensamento que corresponde ao esquema 6 - “Energia é funcional”.

“O Brasil tem uma das maiores redes de transmissão de energia elétrica do mundo” (Época)

“O governo determinou às empresas geradoras e concessionárias de energia uma fiscalização especial nas linhas de transmissão para impedir interrupções no fornecimento.” (ISTOÉ, Brasil, 8/09/1999)

“Levar energia elétrica para todos os gaúchos até 2008 é o desafio imposto pelo Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso de Energia Elétrica – Luz para Todos” (Zero Hora, 30/03/2004, p.17)

Nestes exemplos, a energia é algo que precisa fluir pelas “linhas de transmissão” para ser utilizada, um fornecimento que pode ser interrompido como redes de água ou de gás encanado, de acordo com o esquema 7 - “Modelo de transferência por fluxo de energia”. Note-se também a presença do esquema 5, quando se fala em empresas “geradoras” de energia.

“Plantas têm poder de absorver as energias negativas das pessoas que encontram no local. Cristal é peça fundamental para reter as energias negativas e propagar a positiva em todo o ambiente.” (ISTOÉ Dinheiro, 15/10/2003, p.94)

“Projete sua energia para o futuro e tudo dará certo” (Cláudia, 01/1999, p.24)

“À noite, energize-se nos braços do amor” (Zero Hora, Horóscopo, 1/04/2004)

Nestes exemplos, a energia é associada a qualidades dificilmente mensuráveis e/ou de existência duvidosa, denominadas comumente por “energias positivas”, “energias negativas”, sem qualquer afinidade com os conceitos de mesmo nome utilizados na Física de Partículas Elementares, ou passível de ser “projetada para o futuro” por alguma capacidade mental com o objetivo de alcançar algum bem estar, de acordo com o esquema 8 - “Esotérica”.

Na seqüência, apresentamos alguns exemplos de definições incorretas retirados de livros didáticos:

“Na Física, costuma-se introduzir o conceito dizendo que “a energia representa a capacidade de realizar trabalho.” Acreditamos que isto constitui, pelo menos, um modo de começar o estudo de energia, como estamos fazendo agora. Assim, diremos que um corpo possui energia se ele for capaz de realizar trabalho.” (Beatriz Alvarenga e Antonio Máximo, Curso de Física, vol. 2, São Paulo: Harbra, 1980, p.286)

Como aponta Hicks (1983), esta definição, embora freqüente, é uma contradição direta de leis da termodinâmica. Energia é uma medida quantitativa de condição de um sistema, enquanto trabalho é um processo. Energia pode ser transformada ou transmitida por modo de trabalho, mas não pode ser transformada neste. (WARREN, 1982)

“Calor é uma forma de energia em trânsito, determinada pela diferença de temperatura entre dois sistemas.” (Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo A. de Toledo Soares, Aulas de Física 2, São Paulo: Atual Editora, 1995)

“O trabalho é uma grandeza física criada para medir energia.” (Bonjorno e Clinton, Física Fundamental, São Paulo: FTD, 1999, p.174)

“Trabalho é o resultado da ação de uma força ou do consumo de energia” (Alberto Gaspar, Física Mecânica, vol. 1, São Paulo: Ática, 2000, p.208)

“Note que energia e trabalho são basicamente uma mesma grandeza física, assim, serão expressos por uma unidade de medida.” (Gerson Herskowitz, Paulo César M. Penteado e Valdemar Scolfaro, Curso completo de Física, São Paulo: Moderna, 1991, p.128)

Resumindo, na Tabela 1 abaixo, apresentamos o levantamento que fizemos sobre as menções ao conceito de energia nos diversos meios pesquisados, indicando as categorias nas quais as classificamos.

TABELA 1 – Levantamento de ocorrências da palavra ‘energia’ em frases.

	Totais	1	2	3	4	5	6	7	8	Incorretas	Corretas
<b>Geral</b>	100	1	9	3	0	72	1	11	3	0	0
<b>Femininas</b>	79	10	12	3	3	26	0	2	22	1	0
<b>Científica</b>	41	2	5	2	1	24	0	0	1	6	0
<b>Negócios</b>	75	2	4	1	0	63	0	4	0	2	0
<b>Infantis</b>	35	2	6	1	0	17	0	1	0	8	0
<b>Jornais</b>	74	9	6	1	0	51	2	11	0	4	0
<b>Planeta</b>	109	12	9	0	0	31	0	5	49	4	0
<b>Astrologia</b>	22	3	2	1	0	3	0	1	12	0	0
<b>Física</b>	101	4	15	0	0	24	0	4	0	32	24
<b>Química</b>	104	0	18	0	0	72	0	2	0	1	12
<b>Biologia</b>	136	0	22	3	0	98	0	10	0	2	14
<b>Totais</b>	876	46	110	18	8	486	9	58	95	60	50

Apresentamos na Figura 1, abaixo, os percentuais das ocorrências da palavra ‘energia’ nas categorias deste trabalho.

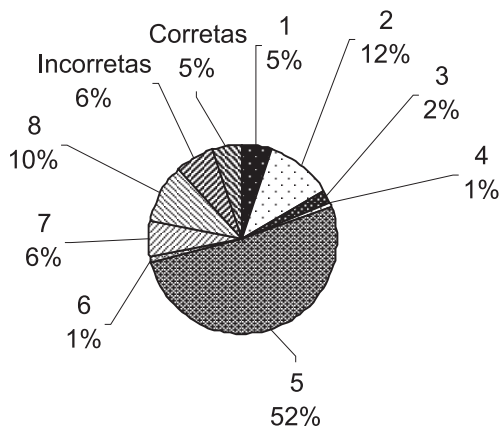


FIGURA 1 – Ocorrência relativa dos vários esquemas.

Verificamos ainda da Tabela 1 acima que há perfis semelhantes de ocorrência dos vários esquemas nas frases. Desta forma, assemelham-se:

- **Interesse geral, Negócios e economia e Jornais:** grande predominância do esquema 5, seguido pelo esquema 7
- **Infantis e Divulgação científica:** predominância do esquema 5, seguido pelo esquema 2, com notável presença de definições incorretas
- **Planeta, Astrologia e Femininas:** forte presença do esquema 8
- **Química e Biologia:** além da predominância do esquema 5, seguido do esquema 2, boa presença de definições corretas e poucas incorretas. Surpreendentemente, nos livros de Física as definições incorretas predominaram.

Não é de espantar a presença de tais concepções alternativas se levarmos em conta que mesmo respeitáveis obras de referência as apresentam e, de certa forma, colaboram, ainda que involuntariamente, para sua propagação e manutenção. Assim, por exemplo, vemos o dicionário ‘Aurélio’ confundir os conceitos de ‘energia’ e ‘força’ e associar erradamente energia à realização de trabalho (LEHRMAN, 1973):

“1.maneira como se exerce uma força. 2.força moral; firmeza. 3.vigor; força. 4. Filos. Segundo Aristóteles, o exercício mesmo da atividade, em oposição à potência da atividade e pois, à forma. 5. Fís. Propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho. ...” (AURÉLIO, Buarque de Holanda Ferreira. Novo Aurélio Século XXI Dicionário da Língua Portuguesa. 3º edição. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro.1999)

Para Longen (2004), “A única afirmação que pode ser feita com certeza é que energia é uma construção teórica da mente humana. Trata-se de um conceito útil para a compreensão de muitos fenômenos da natureza e para o desenvolvimento de tecnologias, mas daí para uma definição clara e precisa ainda há um longo caminho a ser trilhado.”

## CONCLUSÃO

Pudemos verificar, assim, a presença de várias concepções alternativas do conceito de energia nas revistas e jornais de consumo popular e mesmo em revistas de divulgação científica e em obras de referência que, de certa forma, colaboram, ainda que involuntariamente, para sua propagação e manutenção, não só para o público geral mas, principalmente, para os estudantes.

Face a estas dificuldades no ensino do conceito de energia, Warren (1982) apresenta uma proposta radical segundo a qual este termo deveria ser evitado completamente nos ensinamentos elementares de Física e, em mais avançados trabalhos sua definição deveria ser firmemente baseada nos conceitos de trabalho e calor.

Isto talvez não resolvesse o problema, no entanto, pois, segundo Solomon (1983), essa forma de conhecimento “socializado” não pode ser eliminada de forma a manter nossa capacidade de comunicação com as pessoas em geral.

Por outro lado, segundo McClelland (1989), ensinar energia através de linguagem coloquial e analogias comprometeria a consistência e a coerência do conceito, tornando muito provável que os estudantes caiam no erro ou acreditem nas suas próprias conclusões e entendimentos.

Na verdade, o problema do uso errôneo da energia não se deve totalmente à mídia. É provável que muitos professores transmitam concepções errôneas de energia porque eles mesmos as possuem e também as receberam dessa maneira incompleta e incoerente em seus próprios estudos. Daí a importância da formação continuada e atualização dos professores.

## REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? *Ciência da Informação*, v.25, n.3, pp.396-404, set./dez. 1996.
- DRIVER, Rosalind; GUESNE, Edith; TIBERGHEN, Andrew. *Children's ideas in science*. Buckingham: Open University Press, 1985. 224p.
- DUIT, Reinders. Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*. v.9, n.2, pp.134-145, abr./jun. 1987.
- DUIT, Reinders. Understanding energy as a conserved quantity, *European Journal of Science Education*, v.3, n.3. pp.291-301, jul./ago. 1981.
- HICKS, Nancy. Energy is the capacity to do work – or is it? *Physics Teacher*. v., n., pp.529-530, nov. 1983.
- LEHRMAN, Robert L. Energy is not the ability to do work, *Physics Teacher*. v.11, n.1, pp.15-18, jan. 1973.
- LONGEN, Adilson. *Positivo: Ensino Médio, 1ª série, 3º Bimestre*, Curitiba: Posigraf, 2004.
- MATTOZO, Vânia; CAMARGO, Cornélio Celso de Brasil; LAGE, Nilson Lemos. Jornalismo científico aplicado à área de energia no contexto do desenvolvimento sustentável. *Ciência da Informação*, v.33, n.1, pp.101-107, jan./abr. 2004.
- McCLELLAND, Gerry. Energy in school science. *Physics Education*, v.24, n.3, p.162-164, maio 1989.
- SOLOMON, Joan. Learning about energy: how pupils think in two domains, *European Journal of Science Education*. v.5, n.1, pp.49-59, jan./mar. 1983.
- TRUMPER, Ricardo. Energy and a constructivist way of teaching, *Physics Education*. v.25, n.4, pp.208-212, jul. 1990;
- WARREN, J. W. The nature of energy, *European Journal of Science Education*. v.4, n.3, pp.295-297, jul./set. 1982.
- WATTS, Donald Michael Some alternative views of energy, *Physics Education*. v.18, n.5, pp.213-217, set. 1983.

**Recebido em:** nov. 2007    **Aceito em:** dez. 2007

# O experimento do balde girante de Newton: muitas perguntas, poucas respostas

Luciano Carvalhais Gomes

## RESUMO

O presente artigo faz uma análise crítica das definições e do escólio das leis do movimento contidas no "Principia", bem como do experimento do balde girante sugerido por Newton. Além de nossa interpretação, apresentamos e analisamos algumas explicações alternativas ao experimento, baseadas nas críticas de Ernst Mach ao conceito de inércia newtoniana. O objetivo principal é criar um debate sobre um assunto muito importante para o entendimento da mecânica newtoniana, mas pouco discutido. Ao longo do artigo emitimos a nossa opinião, mas há ainda várias perguntas esperando por respostas convincentes.

**Palavras-chave:** Espaço absoluto. Balde girante. Leis de Newton. Inércia.

## The experiment of Newton's bucket: Many questions, few answers

### ABSTRACT

This paper makes a comment upon of the definitions and of the scholium of the movement laws contained in "Principia", as well as the experiment of the rotating bucket suggested by Newton. Besides our interpretation, we presented and analyzed some alternative explanations to the experiment, based on the critics of Ernst Mach to the concept of newtoniana inertia. The main objective is to create a debate about a very important subject for the newtoniana mechanics understanding, but a little bit discussed. Along the article we emitted our opinion, but there are many questions waiting for convincing answers.

**Keywords:** Absolute space. Newton's bucket. Newton's laws. Inertia.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao ingressar em Cambridge, Newton teve contato com a filosofia natural aristotélica, que desde a época da criação das universidades havia formado o núcleo da educação superior. Por volta de 1664, quase na metade de seu curso de graduação, começou a ler livros de autores que contestavam esta filosofia, entre eles estavam René Descartes, Pierre Gassendi (1592-1655) e Robert Boyle (1627-1691). Apesar de identificar-se com a filosofia cartesiana, várias de suas opiniões eram diferentes. Em torno de 1672, quando ainda era um jovem professor em Cambridge, redigiu um manuscrito para tratar das propriedades de fluidos em equilíbrio. No entanto, mais de dois terços do documento contêm dezenove definições que versam sobre aspectos mais

---

Luciano Carvalhais Gomes é Mestre em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá. E-mail: carvalhaisgomes@uol.com.br

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 39-63	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	----------	----------------

gerais da filosofia natural. O manuscrito, não publicado, intitulava-se *De Gravitatione et Aequipondio Fluidorum* (O peso e o equilíbrio dos fluidos). A importância deste texto está no fato de mostrar o momento de ruptura de Newton com alguns conceitos da filosofia mecânica de Descartes - como lugar, corpo, repouso, movimento e espaço - além de indicar umas das primeiras noções de Newton do conceito de força.

Newton começa o texto considerando que os termos quantidade, duração e espaço são bem conhecidos para poderem ser definidos por outros nomes. As quatro primeiras definições são sobre lugar, corpo, repouso e movimento. De acordo com Newton, lugar é a parte do espaço que uma coisa preenche adequadamente; corpo é aquilo que preenche um lugar; repouso é permanecer no mesmo lugar e movimento é a mudança de lugar<sup>1</sup>. Para Descartes, lugar é a superfície que circunda o corpo; corpo é aquilo que possui extensão (altura, largura e profundidade); repouso, a grosso modo, é o oposto do movimento<sup>2</sup> e movimento "[...] é o transporte de uma parte da matéria, ou de um corpo, da vizinhança daqueles que o tocam imediatamente, e que nós consideramos como em repouso na vizinhança de outros" (DESCARTES apud SAPUNARU, 2006, p.70). Ao argumentar contra esta última definição, Newton afirma que ela da margem a várias incoerências. Por exemplo:

Primeiramente, a seguinte consideração. No instante em que o Filósofo defende calorosamente que a Terra não se move, pelo fato de não se deslocar da proximidade do éter contíguo, dos mesmos princípios segue que as partículas internas dos corpos duros, pelo fato de não se deslocarem em relação à proximidade das partículas imediatamente contíguas, não têm movimento em sentido estrito [...]. (NEWTON, 1996a, p.306)

Ou seja, as partículas internas de um corpo rígido nunca estariam em movimento, independente de qualquer referencial, o que seria um absurdo, de acordo com Newton. Outro conceito em Descartes que não o agrada é o de espaço. O espaço na filosofia cartesiana era consequência da relação entre os corpos, "[...] o espaço só existiria na presença de um corpo" (SAPUNARU, 2006, p.68). Para Newton, o espaço precisa ter existência concreta, ao contrário da idéia de extensão de Descartes que levaria ao ateísmo. Afinal, se a extensão era o próprio corpo e o espaço só existiria na presença deste corpo ou da extensão, então, Deus não poderia estar em nenhum espaço. Mas Newton não concebia Deus sem a presença do espaço e nem o espaço sem a presença de Deus. Deus tem um papel fundamental na filosofia natural newtoniana, diferente de Descartes que acreditava que Deus interveio na natureza apenas no ato da Criação e deste ponto em diante a matéria tornou-se autônoma e autogovernada, Newton

---

<sup>1</sup> Barbatti (1997) citando Westfall, afirma que estas definições são provenientes do *Syntagma Philosophicum* de Gassendi.

<sup>2</sup> Vale a pena dar uma olhada em Barra (2003) para entender melhor alguns aspectos filosóficos mais sutis da definição de repouso para Descartes.

afirmava que Deus, por ser um agente inteligente, intervinha na natureza a todo o momento (NEWTON, 1996a; SAPUNARU, 2006; BARBATTI, 1997). Esta definição de espaço absoluto aparecerá novamente nos *Principia*, e, juntamente com o seu famoso experimento do balde girante, será o tema deste artigo.

## 2 DAS PRIMEIRAS DEFINIÇÕES DO PRINCIPIA AO ESCÓLIO DAS LEIS DO MOVIMENTO

Em 5 de julho de 1687 - depois de muitos experimentos com colisões, um magnífico estudo matemático e muitas reflexões filosóficas -, Newton resume às suas conclusões sobre a natureza dos movimentos dos corpos terrestres e celestes no livro clássico intitulado *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, geralmente citado como *Principia*), reeditado, em edições revistas, em 1713 e 1726. Este é dividido em três partes ou livros. No Livro I, aparecem as suas famosas três leis da mecânica. No Livro II, há um estudo dos movimentos através de meios materiais resistentes e os movimentos desses meios. Neste livro, Newton demonstrou que se os movimentos periódicos dos planetas se desenvolvessem nos turbilhões de matéria fluida, segundo a hipótese de Descartes, estes movimentos não respeitariam as três leis de Kepler, portanto, a teoria dos vórtices deveria ser rejeitada. Por fim, no Livro III, Newton aplicou alguns resultados obtidos nos dois livros anteriores, fornecendo a formulação final da Lei da Gravitação Universal, e alguns exemplos de sua aplicação.

Newton inicia o Livro I apresentando oito definições. A Definição I é sobre a quantidade de matéria que é definida como o produto da densidade pelo volume. Abaixo de cada definição Newton faz alguns comentários, no caso desta definição ele afirma que ao longo do livro irá se referir à quantidade de matéria pelo nome de corpo ou massa, sendo esta proporcional ao peso. Com esta definição, Newton rompeu com a visão aristotélica e cartesiana de "substância", pois agora a quantidade de matéria não depende mais do tamanho ou da forma do corpo. Para os cartesianos, todos os corpos eram feitos de uma "substância extensa", por isso não percebiam que volumes iguais poderiam conter diferentes tipos de matéria e vice-versa (SAPUNARU, 2006). Na Definição II, Newton define quantidade de movimento como "[...] a medida do mesmo, provindo da velocidade e da quantidade de matéria, tomadas em conjunto" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.279). Ou seja, quantidade de movimento é o produto da massa pela velocidade. A Definição III é a *vis insita*, já comentada no *De Gravitatione*, só que agora Newton afirma que a *vis insita* é uma força inata da matéria responsável pela manutenção do seu estado de movimento, "[...] seja este de repouso ou de movimento uniforme em linha reta" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.279). E acrescenta os seguintes comentários:

Essa força é sempre proporcional ao corpo a que pertence e em nada difere da inatividade da massa, exceto em nossa maneira de concebê-la. Não é sem

difficuldade que um corpo, em virtude da natureza inerte da matéria, é retirado de seu estado de repouso ou de movimento. Em função disso, tal *vis insita* pode ser chamada, usando-se um nome sumamente significativo, de inércia (*vis inertiae*), ou força de inatividade. **Mas um corpo só exerce essa força quando outra força, imprimindo-se sobre ele, esforça-se por alterar seu estado;** e o exercício dessa força pode ser considerado tanto uma resistência quanto um impulso; é resistência na medida em que em que o corpo, para manter seu estado atual, opõe-se à força imprimida; e é impulso na medida em que o corpo, não cedendo facilmente à força imprimida por um outro, esforça-se por alterar o estado desse outro. A resistência costuma ser atribuída aos corpos em repouso e o impulso, aos que estão em movimento; mas o movimento e o repouso, tal comumente concebidos, distinguem-se apenas em termos relativos; e tampouco estão sempre realmente em repouso os corpos comumente considerados como tais. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.279, grifo nosso)

Fica evidente, por estes comentários, a diferença entre a *vis inertiae* e o *impetus* medieval. A primeira é responsável apenas pela manutenção do estado de repouso ou do movimento retilíneo uniforme, enquanto que o *impetus* é responsável pelo movimento do corpo, quando ele cessar o corpo pára. Na Definição IV, Newton define a força imprimida como "[...] uma ação exercida sobre um corpo para modificar seu estado, seja de repouso, seja de movimento uniforme em linha reta" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.279). Ao comentar esta definição, Newton dá o golpe mortal na teoria do *impetus*:

**Essa força consiste apenas na ação e não mais permanece no corpo quanto a ação encerra. Pois o corpo conserva qualquer novo estado que adquira, por sua simples inércia.** Mas as forças imprimidas têm origens diferentes, provindo da percussão, da pressão ou da força centrípeta. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.279, grifo nosso)

A crença de que um *impetus* passa do movente para o móvel foi derrubada. E pela última frase, vemos que Newton considera que as origens de uma *vis impressa* podem ser tanto forças instantâneas (percussão) quanto contínuas (pressão e forças centrípetas). Na Definição V, Newton considera como força centrípeta "[...] aquela pela qual os corpos são atraídos ou impulsionados, ou tendem de um modo qualquer para um ponto ou para um centro" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.280). A diferença marcante entre a força centrípeta e a percussão e pressão é que estas últimas agem após um contato físico observável entre os corpos, como nas colisões, já a ação da força centrípeta só é percebida, na maioria das vezes, por um contínuo desvio do movimento retilíneo uniforme do corpo. Não há um agente físico visível exercendo esta força. Ao comentar sobre a força centrípeta, Newton apresenta vários exemplos ilustrativos de uma maneira bastante didática, acostumando o leitor com os seus efeitos. Somente no Livro III, ele mostra que uma única força universal é

a responsável por manter os corpos celestes em suas órbitas e pela queda dos corpos terrestres. Mas, como ele mesmo assinalou, "[...] É necessário que a força tenha uma quantidade exata, e compete aos matemáticos descobrir a força capaz de servir exatamente para reter um corpo numa determinada órbita, com uma determinada velocidade [...]" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.280-281). Esta é a principal função dos dois primeiros Livros. Ou seja, desenvolver os princípios matemáticos gerais da dinâmica dos corpos em movimento que serão aplicados ao mecanismo do Universo. No final do comentário, Newton indica três tipos de medidas da quantidade de uma força centrípeta: absoluta, aceleradora e motriz. Que são os assuntos, respectivos, das Definições VI, VII e VIII.

Na Definição VI, ele diz que "A quantidade absoluta de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional à eficácia da causa que a propaga a partir do centro pelos espaços ao redor" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.281). Como exemplo Newton cita a força magnética que aumenta com o tamanho do imã, podemos complementar dizendo que no caso de uma força gravitacional a quantidade absoluta é proporcional às massas dos corpos. Na Definição VII, temos a seguinte afirmação: "A quantidade aceleradora de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional à velocidade que ela gera em um determinado tempo" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.281). Podemos interpretar, deste modo, a quantidade aceleradora como sendo a aceleração do corpo. O que é comprovado pelos seus comentários desta definição, quando ele diz que a força da gravidade varia com a distância à Terra, mas "[...] a distâncias iguais, contudo, é a mesma por toda a parte, porque (retirando ou descontando a resistência do ar) acelera igualmente todos os corpos em queda, sejam eles pesados ou leves, grandes ou pequenos" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.281). A Definição VIII define a quantidade motora da força centrípeta e como ela é medida: "A quantidade motriz de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional ao movimento que ela gera num determinado intervalo de tempo" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.281).

Reescrevendo esta definição em notação moderna temos:  $\vec{F} \propto \frac{d\vec{p}}{dt}$ , sendo  $\vec{p}$  o momento linear ou quantidade de movimento do corpo. No terceiro parágrafo dos comentários que acompanha esta definição, Newton apresenta mais três equações:

**[...] a quantidade de movimento provém da celeridade multiplicada pela quantidade de matéria, e a força motriz provém da força aceleradora multiplicada pela mesma quantidade de matéria. [...] Daí o fato de que, perto da superfície da Terra, onde a gravidade aceleradora ou força produtora da gravidade é a mesma em todos os corpos, a gravidade motriz, ou o peso, é proporcional ao corpo, mas, se subirmos para regiões mais altas, onde a gravidade aceleradora é menor, o peso seria igualmente diminuído, e será sempre igual ao produto do corpo pela gravidade aceleradora [...].** (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.282, grifo nosso)

As frases grifadas em linguagem moderna podem ser escritas, respectivamente, da seguinte maneira:  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ ;  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  e  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ . Por estas oito definições, está evidente que Newton tinha consciência de que a ação de uma força contínua gera uma aceleração constante. Logo após estas definições, Newton escreveu um escólio onde diz que não irá definir tempo, espaço, lugar e movimento, pois são conceitos bem conhecidos de todos. No entanto, ele faz questão de frisar a diferença que existe entre o caráter absoluto e relativo, real e aparente, matemático e comum destas grandezas. Decerto ele queria evitar as contradições e as conseqüências que achava absurdas do relativismo cartesiano citadas no *De Gravitatione*. Na concepção de Newton:

O tempo absoluto, real e matemático, por si só e por sua natureza, flui uniformemente, sem relação com qualquer coisa externa, e recebe também o nome de duração; o tempo relativo, aparente e comum é uma medida sensível e externa (precisa ou desigual) da duração por meio do movimento, que é comumente usado em lugar do tempo verdadeiro, como uma hora, um dia, um mês ou um ano. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.283)

Do mesmo modo:

O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, mantém-se sempre semelhante e imóvel. O espaço relativo é certa medida ou dimensão móvel dos espaços absolutos, que os nossos sentidos determinam por sua posição em relação aos corpos, e que é comumente tomado pelo espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinada por sua posição com respeito à Terra. O espaço absoluto e o relativo são iguais na forma e na magnitude, mas nem sempre se mantêm numericamente os mesmos. Se a Terra se move, por exemplo, um espaço do nosso ar, que em relação e com respeito à Terra mantém-se sempre o mesmo, em um momento será uma parte do espaço absoluto pela qual o ar passa, e em outro momento será outra parte desse mesmo espaço, de modo que, entendido em termos absolutos, estará mudando continuamente. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.283)

Newton sabe que a definição de espaço absoluto é muito importante para o entendimento de suas leis do movimento, que serão apresentadas em seguida. Estas leis não serão corretamente interpretadas se os movimentos relativos forem tomados como sendo verdadeiros. Então, surge uma pergunta natural: como distingui-los? Ele não fugiu a esta discussão e propôs realizar tal distinção pelas causas e efeitos dos movimentos verdadeiros:

As causas pelas quais os movimentos verdadeiros e os relativos se distinguem entre si são causas impressas nos corpos para gerar o movimento. O movimento

verdadeiro não é gerado nem se muda senão por forças impressas no próprio corpo movido; mas o movimento relativo pode ser gerado e mudar-se sem forças impressas nesse corpo. Basta, com efeito, que se imprimam apenas em outros corpos, com os quais se faz a relação, de modo que, faltando eles, muda-se aquela relação em que consiste o repouso ou movimento relativo de determinado corpo. Da mesma forma, o movimento verdadeiro sempre sofre alguma mutação pelas forças impressas no corpo movido, mas o movimento relativo não é mudado necessariamente por essas forças. De fato, se as mesmas forças se imprimirem também em outros corpos com que se estabelece relação, de modo a conservar a situação relativa, estará igualmente conservada a relação em que consiste o movimento relativo [...]. (NEWTON, 1996b, p.27-28)

Se a causa é a força aplicada, quais serão os efeitos? Newton responde:

Os efeitos pelos quais se distinguem uns dos outros os movimentos absolutos e os relativos são as forças de se afastar do eixo do movimento circular. De fato, no movimento circular simplesmente relativo não há tais forças; no verdadeiro, porém, e absoluto, existem em maior ou menor grau conforme a quantidade do movimento. (NEWTON, 1996b, p.28)

Para exemplificar esta explanação, Newton expõe a célebre experiência do balde, tão criticada por Ernst Mach (1838-1916). Mas antes de analisá-la, vamos adiantar as leis do movimento apresentadas após o escólio, pois a nossa análise será melhor empreendida e entendida com o auxílio destas leis. Não pense o leitor ser um ato incoerente de nossa parte utilizar de leis ainda não enunciadas por Newton no livro para explicar este exemplo, pois temos certeza que, ao elaborá-lo, ele já tinha estas leis em mente.

### **3 O ESTABELECIMENTO DAS TRÊS LEIS DO MOVIMENTO**

Newton define as suas três leis:

[Primeira Lei:] Todo corpo continua em seu estado de repouso, ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja compelido a modificar esse estado por forças imprimidas sobre ele.

[Segunda Lei:] A variação do movimento é proporcional à força motriz imprimida, e ocorre na direção da linha reta em que essa força é imprimida.

[Terceira Lei:] Para cada ação existe sempre uma reação igual e contrária: ou as ações recíprocas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas para partes contrárias. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.286-287)

Barra (1994), citando Whiteside, nos informa que nos primeiros meses de 1685, em um manuscrito intitulado *De Motu corporum*, Newton havia enunciado a Primeira Lei com a mesma redação que aparece acima, exceto pela ocorrência da expressão "pela força insita", ou seja: "Todo corpo persevera pela força insita (*vis insita*) em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta..." (WHITESIDE apud BARRA, 1994, p.64). Nos manuscritos posteriores e em todas as três edições do *Principia* (1687, 1713, 1726), o enunciado da Primeira Lei é igual ao citado, sem a *vis insita*. O que não quer dizer um retorno à concepção cartesiana, pela qual o movimento, assim como o repouso, é conservado exclusivamente porque é um "estado". Ou seja, a matéria, enquanto extensão, é completamente indiferente ao movimento ou ao repouso. Conforme Barra (1994, p.64), "Ao contrário de Descartes, Newton manteve desde o *De Gravitatione* que tais estados são conservados em virtude de uma força inerente, inata e essencial à matéria [...]". Assim, devemos analisar o enunciado da Primeira Lei em conjunto com a Definição III, ficando claro, portanto, que "[...] Newton jamais se afastou da posição de que a perseverança dos estados inerciais depende da natureza intrínseca da matéria que, além de não poder mudar por si só seu próprio estado, conserva-o através da força inerente a ela" (BARRA, 1994, p.65).

Com relação à Segunda Lei, não podemos inferir, pela fala de Newton, aquela famosa equação que modernamente costuma representá-la:  $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$  ou  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  se a massa for considerada constante. Mas estas equações estão implícitas no enunciado da Definição VIII e nos comentários que a acompanha. Porque lá e não aqui? A resposta está relacionada com os tipos de forças imprimidas que Newton trabalhava. De acordo com os comentários que ele fez na Definição IV, estas forças eram tanto instantâneas (percussão) quanto contínuas (pressão e forças centrípetas, entre elas, a gravidade). Podemos diferenciar estas forças da seguinte maneira: a força de percussão altera o movimento em um tempo desprezível; a força de pressão altera o movimento em um tempo pequeno, mas não desprezível e a força centrípeta altera o movimento continuamente, em um dado tempo. Assim, como na Definição IV Newton estava referindo-se às forças centrípetas, foi possível relacionar a variação da quantidade de movimento com o tempo, já no enunciado da Segunda Lei, o que devemos entender por "força imprimida" é a força de percussão, que altera o movimento, mas em um tempo desprezível. Corroborando o nosso argumento, Dias (2006) afirma que Bernard Cohen propõe que a omissão do tempo na Segunda Lei não foi um erro de Newton, pois sempre que este "[...] tratava uma força discreta, atuando por impulsos de duração muito pequena, [...] ele omitia o tempo e que, no caso de forças contínuas, o tempo era incluído" (COHEN apud DIAS, 2006, p.229). Complementando, Barra (1994) nos diz que uma "[...] confirmação de que a Segunda Lei se refere exclusivamente a forças entendidas como impulsos pode ser encontrada nas origens mais imediatas dessa Lei, que são certamente a física dos impactos ou das colisões" (BARRA, 1994, p.69). Mas deve ficar claro para o leitor que Newton tinha plena consciência de que a Segunda Lei também poderia ser aplicada quando a força imprimida fosse contínua, deixando implícito, deste modo, a famosa equação citada acima. Encontramos na Seção VI,

Proposição XXIV, Teorema XIX, do Livro II, do Principia, um comentário de Newton que confirma esta nossa afirmação:

Pois a velocidade, que uma força dada pode gerar em uma matéria dada em um tempo dado, é diretamente proporcional à força e ao tempo, e inversamente proporcional à matéria. Quanto maior a força ou o tempo, ou quanto menor a matéria, maior a velocidade que será gerada. Isto é manifesto da segunda lei do movimento (NEWTON, 2005, p.692)

Traduzindo em linguagem algébrica moderna temos:  $\bar{v} \propto \frac{\bar{F} \cdot \Delta t}{m}$ . De acordo com Sapunaru (2006, p.148), a análise historiográfica de Cohen mostrou que a ênfase dada por Newton à ação das forças de impacto na Segunda Lei do Movimento não prejudicou em nada a aplicação desta lei à ação das forças contínuas. E teria sido por esta razão que Newton não teria se preocupado em redefinir ou separar essa lei em itens distintos para forças de impacto e para forças contínuas. Nas palavras de Cohen: "[...] a distinção entre as duas formas [para forças de impacto e para forças contínuas] da lei [II] é mais significativa para nós do que teria sido para Newton" (COHEN apud SAPUNARU, 2006, p.148). Aliás, o estudo experimental das colisões também foi muito importante para o estabelecimento de sua Terceira Lei. Estes estudos foram inspirados nos experimentos imaginários de Descartes sobre colisões, que os fez para dar um embasamento empírico à sua teoria do movimento, estabelecendo as "regras dos choques". Regras estas que muitos cientistas da época - entre eles Christopher Wren (1632 - 1723), John Wallis (1616 - 1703) e Christiaan Huygens (1629 - 1695) - encontraram erros. Subseqüente ao enunciado da Terceira Lei, Newton faz o seguinte comentário:

[...] Quando um corpo se choca com outro, e por sua força altera o movimento do outro, esse corpo (em virtude da igualdade da pressão recíproca) também sofre uma variação idêntica em seu movimento, em direção à parte contrária. As variações causadas por essas ações são iguais, não nas velocidades, mas nos movimentos dos corpos, isto é, se os corpos não forem impedidos por outros empecilhos. Isso porque, visto que os movimentos são igualmente modificados, as variações das velocidades feitas em direção às partes contrárias são inversamente proporcionais aos corpos. Essa lei também se dá nas atrações, como será demonstrado no escólio seguinte. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.286-287)

O escólio citado é o das leis do movimento, o último antes do Livro I. Logo no início deste escólio, Newton faz questão de reafirmar que a sua filosofia natural é um casamento perfeito entre o racionalismo e o empirismo, ou seja, entre a matemática e

a experiência: "Até aqui, estabeleci tais princípios da forma como foram aceitos pelos matemáticos e confirmados por um grande número de experimentos" (NEWTON, 1996b, p.38). Em seguida, esclarece que pelas primeiras duas leis do movimento e pelos primeiros dois Corolários é possível encontrar os resultados alcançados por Galileu a respeito da aceleração de queda livre dos corpos, em que a distância varia com o quadrado do tempo; e da descrição das trajetórias dos projéteis, que o cientista italiano conseguiu demonstrar tratar-se de uma parábola. Depois, menciona que Wren, Wallis e Huygens, com o auxílio das duas primeiras leis do movimento juntamente com a Terceira Lei, determinaram, de maneira independente, as regras do impacto e reflexão de corpos duros. Mas ele adverte que para os experimentos concordarem perfeitamente com a teoria, os efeitos da resistência do ar e da elasticidade dos corpos têm que ser considerados. Então, descreve com detalhes experimentos com colisão entre pêndulos que realizou considerando estes efeitos, chegando à conclusão de que a Terceira Lei "[...] na medida em que se refere a percussões e reflexões, está provada por uma teoria que concorda exatamente com a experiência" (NEWTON, 1996b, p.42).

#### 4 ANÁLISE NEWTONIANA DA EXPERIÊNCIA DO BALDE GIRANTE

Agora podemos analisar a questão do espaço absoluto e a experiência do balde proposta por Newton. Para entendermos o que as três leis do movimento têm a haver com este assunto, imaginemos que um observador esteja parado dentro de um trem supersilencioso se movimentando com velocidade constante em relação ao espaço absoluto. De repente, ele percebe que uma caixa de madeira que estava apoiada em um chão completamente liso começa a se movimentar para trás espontaneamente. No referencial dele, por não conseguir identificar nenhum tipo de força agindo por contato ou à distância sobre a caixa que pudesse modificar o seu estado de repouso, este fato não pode ser explicado pelas três leis do movimento. Pois, nesta situação, a Primeira Lei afirma que a tendência da caixa era continuar em repouso. De modo análogo, a Segunda Lei enuncia que sem força imprimida não poderia ocorrer variação na quantidade de movimento. Por último, a Terceira Lei também não é obedecida porque aparece alguma força sobre a caixa vinda "do nada", não existe ação agindo sobre a caixa, que, por sua vez, não exerce reação em corpo algum. Como explicar esta violação das Três Leis? Na realidade, não houve violação nenhuma, pois a caixa teve uma alteração de movimento relativo, mas não verdadeiro. E como Newton já havia nos alertado, o "[...] movimento verdadeiro não é gerado nem se muda senão por forças impressas no próprio corpo movido; mas **o movimento relativo pode ser gerado e mudar-se sem forças impressas nesse corpo**" (NEWTON, 1996b, p.27, grifo nosso).

Uma explicação possível para o que aconteceu é que, inicialmente, o trem e a caixa estavam em movimento retilíneo uniforme em relação ao espaço absoluto, os dois tinham um movimento verdadeiro. Em algum momento, por forças impressas apenas no trem, este variou a sua velocidade - acelerou - o que deixou a caixa para trás, continuando, por inércia, a se movimentar uniformemente em relação ao espaço

absoluto. Mas, como o espaço absoluto não pode ser visto e determinado pelos nossos sentidos, o próprio Newton admite ser "[...] difícilimo [...] conhecer os verdadeiros movimentos de cada um dos corpos, distinguindo-se efetivamente dos aparentes [...]" (NEWTON, 1996b, p.29). No entanto, "[...] há argumentos que suprem esse defeito, em parte provindos dos movimentos aparentes, os quais constituem diferenças dos movimentos verdadeiros, em parte oriundos das forças que são causas e efeitos desses movimentos" (NEWTON, 1996b, p.29). Acreditamos que o principal argumento implícito em suas idéias é que todo observador ligado a um sistema físico animado de um movimento acelerado em relação ao espaço absoluto vê desenvolverem-se "forças de inércia" nos corpos presentes a este sistema. Cremos, portanto, que é para ilustrar este seu pensamento que ele expõe a experiência do balde, descrita da seguinte maneira:

Penduremos, p. ex., um vaso por meio de uma corda muito comprida, e viremo-lo muitas vezes até ficar a corda endurecida pelas voltas; enchamo-lo então de água e largue-mo-lo: subitamente ocorrerá aí certo movimento contrário, descrevendo um círculo, e, relaxando-se a corda, o vaso continuará por mais tempo nesse movimento. A superfície da água [dentro do vaso] será plana no começo, como antes do movimento do vaso, mas depois, imprimindo-se aos poucos a força da água, esta começará sensivelmente a mexer-se, afastando-se aos poucos do centro e subindo aos lados, de modo a formar uma figura côncava (como eu mesmo experimentei); e, na medida em que o movimento aumentar, a água subirá sempre mais, até que, por último, igualando-se no tempo sua revolução com a do vaso, descansará relativamente nele. **Esta subida indica o esforço para afastar-se do eixo do movimento, e por esse esforço se torna conhecido e se mede o verdadeiro e absoluto movimento circular da água, aqui inteiramente contrário ao movimento relativo.** (NEWTON, 1996b, p.28, grifo nosso)

O trecho destacado deixa claro que na visão de Newton a superfície da água torna-se côncava por ela ser impedida pelo balde de seguir, por inércia, um movimento retilíneo uniforme em relação ao espaço absoluto, como reza a Primeira Lei. Vamos esclarecer melhor este nosso ponto de vista acrescentando alguns comentários na análise que Newton deu para o fenômeno. Primeiro ele diz:

No início, quando era sumo o movimento relativo da água, não produzia nenhum esforço por se afastar do eixo; a água não tendia à circunferência, subindo aos lados do vaso, mas permanecia plana, e, por conseguinte, **seu verdadeiro movimento circular ainda não tinha começado.** (NEWTON, 1996b, p.28, grifo nosso)

Newton relata que quando o movimento relativo era máximo entre a água e o balde a mesma continuava em repouso com a sua superfície plana. Deste modo, um

observador que estivesse na borda do balde veria a água executar um movimento circular, mas como ela não tenderia a sair pela tangente, ele concluiria tratar-se de um movimento relativo. A força súbita e desconhecida que colocou a água em movimento em relação a ele é uma "força de inércia", análogo ao bloco que estava em repouso no piso do trem. Continuando, Newton complementa:

Depois, porém, que o movimento relativo da água diminuiu, sua subida para os lados do vaso indicava o esforço por afastar-se do eixo, e **esse esforço mostrava seu verdadeiro movimento circular**, continuamente crescendo até atingir seu máximo quando a água passou a descansar relativamente no vaso. (NEWTON, 1996b, p.28, grifo nosso)

Imaginemo-nos, ainda, um observador girando junto com o balde. Aos poucos, ele notará que a água começará a diminuir o seu movimento e a subir pelas paredes. A única explicação plausível é que esta iniciou o seu verdadeiro movimento circular e ao encontrar um obstáculo que a impeça de seguir, por inércia, em linha reta, o comprime fortemente. É a resultante desta compressão que dá o formato côncavo à sua superfície. O mesmo aconteceria, no exemplo do trem, se no final do vagão o encontro da parede com o piso fosse abaulado. A caixa, ao ser impedida de continuar em seu estado de repouso inercial em relação ao espaço absoluto, subiria pela parede até certa altura. Ao finalizar o seu raciocínio, Newton (1996b, p.28, grifo nosso) afirma:

Portanto, **aquele esforço não depende da translação da água com relação aos corpos ambientes**; logo, o verdadeiro movimento circular não pode ser definido por essas translações. **Só há um verdadeiro movimento circular de qualquer corpo que gira, correspondendo ao único esforço**, como seu efeito próprio e adequado, ao passo que os movimentos relativos, consoante as várias relações, com os corpos externos, são inúmeros, e, como as relações, são completamente destituídos de efeitos verdadeiros, a não ser enquanto participam daquele verdadeiro e único movimento. (NEWTON, 1996b, p.28, grifo nosso)

A nossa conclusão é de que, em um movimento circular verdadeiro, ao impedirmos que as partículas do corpo saiam pela tangente, percebemos a existência das "forças de inércia", que são ausentes em um movimento circular relativo. É importante frisar que após o balde e a água estarem girando com a mesma velocidade angular em relação ao espaço absoluto, a velocidade relativa nula entre ambos não elimina a "força de inércia" da água adquirida ao longo do movimento. A compressão que esta exerce na parede do balde depende, primordialmente, de sua velocidade em relação ao espaço absoluto.

## 5 OUTRAS INTERPRETAÇÕES

Façamos agora uma análise crítica de outras interpretações deste experimento. Fitas (1996) imagina uma experiência análoga à descrita por Newton, mas, ao invés de água no interior do balde, ele supõe um molde de uma substância rígida, por exemplo madeira. Neste caso, durante todo o experimento a superfície livre da madeira jamais ficará côncava. O que o leva a tirar duas conclusões:

[...] não há qualquer deformação que permita supor a existência de uma força (o que não significa que não exista e não se manifeste em efeitos não observáveis directamente); segundo, o facto de não se identificar uma força centrífuga (através da observação directa) obriga a reconhecer que não há qualquer movimento do molde em relação ao espaço absoluto. As duas experiências, a de Newton e esta última, são formalmente iguais e as conclusões extraídas são completamente diferentes. (FITAS, 1996, p.21)

Ora, o exemplo imaginado por Newton não tem um carácter universal, é apenas para ilustrar o surgimento das "forças de inércia" no movimento circular verdadeiro em uma situação em que isto possa ser observado. Evidente que Newton não esperava que todas as superfícies adquirissem um formato côncavo na presença destas forças. No caso do molde de madeira citado, da mesma maneira que todas as moléculas da água tinham a tendência de sair pela tangente, as moléculas da madeira também procuram este caminho. A diferença é que as ligações entre as primeiras são mais fracas, o que possibilita que as moléculas mais afastadas do centro, por terem uma velocidade tangencial maior, subam pela parede do balde. A pergunta a ser feita é como a distribuição das forças de contato da água com a parede do balde possibilitam que a mesma suba. Em nossa opinião, para termos uma resposta satisfatória, teríamos que levar em consideração o mecanismo de transferência de movimento da parede do balde para as moléculas de água que estão em contato direto e o mecanismo de transferência de movimento destas moléculas para as outras até o centro.

Em um outro artigo, Neves (2005) afirma que este experimento foi apresentado por Newton "[...] para estabelecer a idéia de um espaço absoluto [...]" (NEVES, 2005, p.189). Não estamos de acordo com esta opinião, o espaço absoluto foi definido para diferenciar o movimento verdadeiro do relativo, a experiência é apenas uma maneira de distingui-los. Em conformidade com o nosso ponto de vista, Barra (1994) assim se expressa:

**A rigor não existe aqui uma "prova experimental" do espaço absoluto como alguns comentadores entenderam.** Se Newton houvesse concebido a necessidade de fornecer uma justificação empírica para o espaço absoluto, em respeito à estrutura argumentativa do Principia que é observada com acentuado rigor, não seria em um Escólio do Livro I que ele apresentaria seus resultados, mas nas proposições do Livro III onde se orienta metodologicamente pelos princípios da "filosofia experimental". Quando muito, o chamado "experimento

do balde" pode ser tomado como uma ilustração empírica de um princípio mecânico abstrato, como tantas outras que Newton utiliza ao longo dos Escólios das proposições dos Livros I e II do Principia. **Com maior precisão, a medida dos efeitos dos movimentos circulares verdadeiros deve servir tão-somente para identificá-los, mas nunca para provar a existência do espaço ao qual se referem.** Aliás, o próprio Newton adverte que contrapem "a matemática e a filosofia aqueles que confundem as quantidades verdadeiras com as relações e as medidas vulgares das mesmas. (BARRA, 1994, p.53-54, grifo nosso)

Mais a frente, Neves (2005) sugere que Newton considerava a superfície côncava da água como uma conseqüência de um *conatus centrifugo* - tendência do corpo em afastar-se do centro da circunferência na direção do raio - provocado por uma ação do espaço absoluto sobre a água. Em suas palavras: "[...] Newton a atribui ao espaço absoluto, uma, digamos assim, entidade que agiria sobre tudo mas que não sofreria ação de coisa alguma [...]" (NEVES, 2005, p.193). Novamente não pactuamos com o autor, primeiro por que Newton em momento algum falou em *conatus centrifugo* ao analisar esta experiência. Ele apenas disse que a subida da água para os lados do vaso "[...] indicava o esforço por afastar-se do eixo [...]" (NEWTON, 1996b, p.28). Pela nossa leitura, trata-se da tendência em sair pela tangente, e não ao longo do raio. Se já é difícil explicar o motivo pelo qual a água sobe pelas paredes ao comprimir o balde na direção tangencial, fica quase inimaginável uma explicação devida a compressão radial. Por último, Newton, no *Principia*, sempre foi coerente em suas definições e jamais conferiu ao espaço absoluto a capacidade de agir sobre os corpos, muito pelo contrário, ele fez questão de afirmar: "O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, mantém-se sempre semelhante e imóvel" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p.283). Acreditamos esta ser uma interpretação forçada do autor, atribuindo mais a Newton do que o que ele realmente disse. Neves (2005) fundamentou os seus argumentos, principalmente, em Mach (1960) e Assis (1989; 1998; 1999). Vamos mostrar as principais idéias destes dois autores ligadas a explicação da experiência do balde de Newton, em um primeiro momento, e depois, com o auxílio do artigo de Escobar e Pleitez (2001a), faremos os nossos comentários.

Segundo Fitas (1998, p.121), no prefácio da primeira edição alemã (1883) de seu livro *A Ciência da Mecânica*, Mach escreveu: "[...] o presente volume não é um tratado sobre a aplicação dos princípios da mecânica. O seu objectivo é clarificar idéias, expor o significado real do assunto e expurgar as obscuridades metafísicas". Estas obscuridades são as definições newtoniana de massa, força, espaço e tempo. Para Mach, a definição de massa dada por Newton cria um círculo vicioso, pois ele não definiu previamente o conceito de densidade de forma adequada, desse modo, a densidade depende do conceito de massa e a massa depende do conceito de densidade<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Encontramos em Sapunaru (2006) o seguinte comentário de Henry Crew sobre este "suposto" engano de Newton: "[...] na época de Newton, densidade e gravidade específica eram utilizadas como sinônimos, e a densidade da água era arbitrariamente tomada como unitária. As três unidades fundamentais empregadas [...] eram, portanto, densidade, comprimento e tempo, em lugar das nossas, massa, comprimento e tempo. Em tal sistema, é tanto natural como logicamente permissível definir massa em termos de densidade" (CREW apud SAPUNARU, 2006, p.126-127).

Mas o "[...] conceito de massa assume uma forma muito palpável quando se emprega dinamicamente o princípio da acção e reacção" (MACH apud FITAS, 1998, p.126), por este motivo, "[...] talvez a contribuição mais importante de Newton no que diz respeito aos princípios é a formulação da igualdade da acção e reacção" (MACH apud FITAS, 1998, p.126). Mach acreditava que a massa inercial não era uma propriedade intrínseca de um dado corpo, sendo o seu valor derivado da relação dinâmica entre este e todo o universo. Conforme resumiu bem Gardelli (1999):

Assim, para Mach, se um corpo é forçado a deixar o seu estado inicial de repouso ou de movimento retilíneo uniforme através da atuação de uma força local real (gravitacional, elétrica, magnética, elástica etc), então instantaneamente deve surgir uma força aplicada pelo conjunto das estrelas fixas sobre esse mesmo corpo a fim de evitar que ele altere o seu estado inicial.

Portanto, diferentemente de Newton, que acreditava que inércia é uma propriedade intrínseca da matéria, **Mach entendia inércia como sendo uma força de interação gravitacional entre os corpos materiais e o conjunto das estrelas fixas e que somente atua sobre eles no caso de se tentar acelerá-los em relação a elas**<sup>4</sup>. (GARDELLI, 1999, p.49, grifo nosso)

Baseado nesta sua concepção de massa inercial, Mach contesta a interpretação dada por Newton da experiência do balde:

A experiência de Newton com o recipiente de água girando nos informa simplesmente que a rotação relativa da água em relação aos lados do recipiente não produz forças centrífugas perceptíveis, **mas que tais forças são produzidas por sua rotação relativa em relação a massa da Terra e dos outros corpos celestes**. Ninguém é competente para dizer qual seria o resultado da experiência se os lados do recipiente aumentassem em espessura e massa até que eles tivessem finalmente uma espessura de várias léguas. Uma única experiência está diante de nós e nossa função é fazê-la concordar com os outros fatos conhecidos por nós e não com as ficções de nossa imaginação. (MACH apud ASSIS, 1999, p.70, grifo nosso)

Esta visão relacional de força fez com que Mach interpretasse a força de inércia newtoniana como uma interação entre o corpo e o espaço absoluto, o que não foi dito

---

<sup>4</sup> De acordo com Assis (1999, p.73): "[...] Mach não enfatizou que a inércia de um corpo é devido a uma interação **gravitacional** com os outros corpos no universo. Em princípio esta ligação entre a inércia de um corpo e os corpos celestes distantes poderia ser devida a qualquer tipo de interação conhecida (elétrica, magnética, elástica...) ou mesmo a um novo tipo de interação. Em nenhum lugar ele disse que a inércia de um corpo deveria vir de uma interação **gravitacional** com as estrelas fixas. Os primeiros a sugerir isto parecem ter sido os irmãos Friedlander em 1896 [...]. Esta idéia também foi adotada por W. Hofmann em 1904, por Einstein em 1912, por Reissner em 1914-1915, por Schrödinger em 1925 e por muitos outros desde então [...]"

por Newton. Deste modo, ele "[...] afirmava ser inconcebível corpos interagirem com espaço, pois para ele, matéria só poderia interagir com matéria" (GARDELLI, 1999, p.48). Para substituir o espaço absoluto como referencial de movimento, Assis (1999, p.63) nos informa que Mach considerava a Terra um bom referencial para experiências típicas de laboratório que duram muito menos do que uma hora e que não se estendem muito no espaço comparado com o raio terrestre, por outro lado, em experiências que duram muitas horas ou nas quais estudamos movimentos com escalas temporais e espaciais grandes, um sistema de referência inercial melhor do que a Terra é o referencial definido pelas estrelas fixas. E para Assis (1999): "Hoje em dia podemos dizer que um sistema de referência inercial melhor ainda para estudar a rotação ou movimento de nossa galáxia como um todo (em relação às outras galáxias, por exemplo) é o referencial definido pelas galáxias externas ou o sistema de referência no qual a radiação cósmica de fundo é isotrópica" (ASSIS, 1999, p.63).

Assis (1999) afirma que não foi somente Newton que se enganou a não perceber o caráter relacional das forças, o mesmo erro também foi cometido por Albert Einstein (1879 - 1955), que apesar de ter sido fortemente influenciado pelo *Princípio de Mach*<sup>5</sup>, não conseguiu implementá-lo. Para justificar este seu argumento, o autor cita alguns problemas que encontrou nas teorias da relatividade restrita e geral de Einstein. Por exemplo, a assimetria da indução eletromagnética citada por Einstein no primeiro parágrafo do artigo "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento", segundo Assis (1999, p.77), não aparece no eletromagnetismo de Maxwell e sim na interpretação específica da formulação de Lorentz para a eletrodinâmica. Nesta interpretação, quando um ímã está em movimento em relação ao éter, ele gera neste um campo magnético e elétrico, este último agiria no circuito que está em repouso em relação ao éter, induzindo nele uma corrente. Se o ímã está em repouso no éter, ele gera apenas um campo magnético, deste modo, quando o circuito está se movendo no éter ele sofrerá ação de uma força magnética que induzirá uma corrente. O que ocasiona uma assimetria na origem da corrente, que na primeira situação é devida ao campo elétrico e na segunda à força magnética. Para Assis (1999, p.81), ao invés de tentar se livrar desta assimetria tornando supérfluo o éter e considerando a velocidade do ímã e do circuito em relação ao observador, Einstein poderia simplesmente seguir o caminho de Faraday (1791 - 1867), Maxwell (1831 - 1879) e Weber (1804 - 1891) e considerar a velocidade relativa entre o ímã e o circuito na análise. Esta direção seguida por Einstein fez com que ele postulasse a constância da velocidade da luz, Assis (1999) não concorda que a velocidade da luz no vácuo seja constante independentemente do estado de movimento do observador ou do detector. Em suas palavras:

A luz é uma entidade física que carrega momento linear e energia, que é afetada pelo meio onde se propaga (reflexão, refração, difração, rotação de Faraday do

---

<sup>5</sup> Assis (1999, p.72-73) define "Princípio de Mach" como a idéia de que a inércia de qualquer corpo (sua massa inercial ou sua resistência a sofre acelerações) surge ou é causada por sua interação com o universo distante.

plano de polarização etc.), que age sobre os corpos aquecendo-os, provocando reações químicas, ionizando átomos etc. Neste sentido ela não tem nada de especial e como tal tem similaridades tanto com corpúsculos quanto com o som. A aceitação por outros físicos desta conclusão de que a velocidade da luz é constante para todos observadores inerciais independente de seus movimentos em relação à fonte criou problemas e paradoxos inumeráveis nestes últimos noventa anos. Nada disto aconteceria mantendo-se o conceito plausível de que a velocidade mensurável da luz depende da velocidade do observador ou do detector. (ASSIS, 1999, p.86-87)

Um outro problema encontrado por Assis (1999, p.91) deve-se ao fato de Einstein interpretar a velocidade que aparece na força de Lorentz,  $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \cdot \vec{B}$ , como sendo a velocidade da carga em relação ao observador ou ao sistema de referência inercial (e não em relação ao dielétrico como defendido por Thomson (1856 - 1940) e Heaviside (1850 - 1925), nem também em relação ao éter como defendido por Lorentz). Isto ocasiona uma dependência desta força ao sistema de referência, o que seria mais simples se ela dependesse apenas de sua posição, velocidade e aceleração em relação às outras cargas com que está interagindo, como acontece na eletrodinâmica de Weber.

Mais um aspecto interessante levantado por Assis (1999) é que a teoria da relatividade geral tinha por objetivo inicial quantificar todas as idéias de Mach, mas o próprio Einstein admitiu não ter conseguido cumprir esta meta. No começo, ele percebeu que qualquer teoria que implementasse o Princípio de Mach apresentaria quatro conseqüências: a inércia de um corpo aumentaria ao se acumular massas ponderáveis na sua vizinhança; massas vizinhas a um corpo ao serem aceleradas provocariam nele uma força aceleradora no mesmo sentido da aceleração; um corpo em movimento de um movimento de rotação produziria no seu interior um campo de forças centrífugas radiais e um "campo de Coriolis" que faz com que corpos em movimento sejam desviados no sentido da rotação; e um corpo num universo vazio não poderia ter inércia, ou, toda inércia de qualquer corpo tem que vir de sua interação com outras massas no universo. Ainda de acordo com (ASSIS, 1999), a primeira conseqüência não aparece na relatividade geral. A segunda acontece, mas sua interpretação não é única. A terceira aparece, mas não com os dois termos - forças centrífugas e de Coriolis - indicados simultaneamente com os coeficientes corretos, como se sabe que eles existem em referenciais não inerciais da teoria newtoniana. E a quarta conseqüência também não ocorre. Ou seja:

Einstein nunca pôde evitar o aparecimento da inércia em relação ao espaço absoluto nas suas teorias, embora fosse uma exigência do princípio de Mach que a inércia de qualquer corpo só deveria surgir em função dos outros corpos do universo, mas não em relação ao espaço vazio.

Isto mostra que mesmo na sua teoria da relatividade geral os conceitos de espaço absoluto ou de sistemas de referência inerciais preferenciais desvinculados da matéria distante ainda estão presentes, o mesmo ocorrendo com a inércia ou com as massas inerciais. (ASSIS, 1999, p.103)

Como teoria alternativa para a implementação quantitativa das idéias de Mach, Assis (1999) propõe a Mecânica Relacional, baseada apenas em grandezas relativas entre os corpos materiais e na eletrodinâmica de Weber. Deste modo, ele acredita evitar todos os paradoxos típicos das teorias de Einstein como a contração de comprimento, a dilatação do tempo, a invariância de Lorentz, as transformações de Lorentz, a constância da velocidade da luz no vácuo qualquer que seja o estado de movimento do detector, as leis covariantes, a métrica de Minkowski, o espaço quadridimensional, a geometria riemanniana aplicada na física, o elemento de Schwarzschild, os símbolos de Christoffel, a curvatura do espaço, as forças entre corpos materiais dependentes do estado de movimento do observador, etc. De acordo com Assis (1999, p.112), estes conceitos teóricos "[...] desempenham o mesmo papel que os epiciclos na teoria ptolomaica", e a Mecânica Relacional seria um novo paradigma para a física, que evitaria todos estes epiciclos de maneira simples, além de estar baseada em concepções filosóficas mais intuitivas, razoáveis e palpáveis. O autor começa a apresentação da Mecânica Relacional enunciando os três postulados que a caracterizam:

- (I) Força é uma quantidade vetorial que descreve a interação entre corpos materiais.
- (II) A força que uma partícula pontual A exerce sobre uma partícula pontual B é igual e oposta a força que B exerce sobre A e é direcionada ao longo da linha reta conectando A até B.
- (III) A soma de todas as forças de qualquer natureza (gravitacional, elétrica, magnética, elástica, nuclear ...) agindo sobre qualquer corpo é sempre nula em todos os sistemas de referência. (ASSIS, 1999, p.116)

Em seus comentários, ele afirma que o primeiro postulado deixa claro que força é uma interação entre corpos materiais, não descrevendo uma interação de um corpo com o "espaço". O que é uma alusão à força de inércia de Newton, que na visão de Mach e de Assis, deve-se à interação do corpo com o espaço absoluto, mas nunca é demais frisar que Newton jamais interpretou a força de inércia desta maneira, e sim como uma propriedade intrínseca da matéria. O segundo postulado é semelhante à Terceira Lei de Newton. A novidade maior está no terceiro postulado que é contrário à Segunda Lei de Newton, deixemos que o próprio autor explique as suas vantagens sobre esta lei:

A vantagem deste terceiro postulado, comparado com a segunda lei do movimento de Newton, é que não introduzimos nele os conceitos de inércia, de massa inercial, de espaço absoluto e nem de sistema de referência inercial. Na mecânica newtoniana tínhamos que a soma de todas as forças era igual à variação do momento linear (produto da massa inercial pela velocidade) com o

tempo. No caso de massa constante isto era igual ao produto da massa inercial do corpo por sua aceleração em relação ao espaço absoluto ou em relação a um sistema de referência inercial. Isto significa que estes conceitos tinham de ter sido introduzidos e clarificados anteriormente e que formam uma parte essencial da segunda lei do movimento de Newton. O nosso postulado evita tudo isto e esta é sua maior vantagem. Além do mais, ele é válido em todos os sistemas de referência, enquanto que a segunda lei de Newton só era válida em sistemas inerciais, caso contrário seria necessário introduzir as forças fictícias. (ASSIS, 1999, p.117-118)

Em seguida, Assis (1999) afirma que os três postulados podem ser substituídos por um único, a saber: "A soma de todas as energias de interação (gravitacional, elétrica, elástica...) entre qualquer corpo e todos os outros corpos no universo é sempre nula, em todos os sistemas de referência. Este postulado pode ser chamado de princípio de conservação da energia" (ASSIS, 1999, p.118). Para o autor a vantagem deste postulado em relação ao postulado análogo da mecânica clássica é que não há necessidade de introduzir o conceito de energia cinética, que tem embutido o conceito de massa inercial e de espaço absoluto ou sistemas inerciais. Para implementar estes postulados e obter as equações de movimento seguindo as idéias de Mach, Assis (1999) utiliza expressões de força e energia baseadas naquelas deduzidas por Weber, em 1848, para a interação entre duas cargas elétricas. A principal diferença em relação às newtonianas é que estas dependem apenas da distância relativa, da velocidade radial e da aceleração radial entre as partículas interagentes. Isto é, elas são completamente relacionais tendo o mesmo valor para todos os observadores, independente se eles são ou não inerciais do ponto de vista newtoniano.

Depois de algumas demonstrações matemáticas, Assis (1999) prova que, não havendo rotação relativa entre os corpos interagentes, a força que as estrelas e galáxias distribuídas uniformemente ao redor de um certo corpo exercem sobre ele não é mais igual a zero, como Newton havia demonstrado em sua mecânica, e sim igual a menos o produto da massa pela aceleração. Havendo a rotação relativa, a força de interação gravitacional entre as estrelas e o corpo em questão é igual a menos o produto da massa pela aceleração, mais as forças de Coriolis e centrífuga, mais um terceiro termo que não possui nome específico e que aparece quando a velocidade angular relativa entre os corpos interagentes não é constante. Aplicando este raciocínio ao experimento do balde de Newton, Assis (1999) mostrou que se houver uma rotação relativa entre o Universo e o balde, então surgirá a força que empurra a água em direção às paredes do balde, como queria Mach. Além desta demonstração, Gardelli (1999) enumera outras cinco conclusões a que Assis (1999) chegou:

1. As forças inerciais surgem devido à interação gravitacional de um certo corpo com o restante do Universo.
2. A massa inercial é, na verdade, a própria massa gravitacional.

3. O espaço absoluto de Newton é identificado como o conjunto das galáxias e estrelas fixas.
4. Não é mais necessário diferenciar referenciais inerciais de referenciais não-inerciais.
5. Para se deduzir uma expressão análoga à 2ª Lei de Newton, Assis postulou que a resultante das forças que atuam sobre um certo corpo não é mais igual ao produto da massa pela aceleração e sim igual a zero. Agora, deve-se levar em conta não só as forças locais que atuam sobre o corpo, tais como as forças peso, elástica, elétrica, magnética etc., como também a força exercida pelas estrelas e galáxias sobre o corpo. (GARDELLI, 1999, p.51)

Encontramos em Escobar e Pleitez (2001a) uma crítica ríspida à *Mecânica Relacional*. Apesar de concordarmos com muitos dos argumentos expostos, não nos agradou a maneira que os autores se expressaram, como observou muito bem Marques (2001):

[...] O primeiro é o estilo, pelo menos desprimoroso, com que os autores do artigo "Mecânica Relacional: A Propósito de uma Resenha", [RBEF 23 (3), 260 (2001)] redigiram seu texto. Devo dizer que não conheço pessoalmente o autor da Mecânica Relacional, a não ser por um texto seu publicado em livro intitulado Eletrodinâmica de Weber. Assim não tenho o propósito de desagrává-lo do tratamento recebido. Tampouco tenho o propósito de veicular qualquer juízo de mérito em favor dele ou de seus críticos; simplesmente nunca li a Mecânica Relacional e os argumentos de seus críticos são contextualizados de tal forma que não cabe qualquer posição a não ser associar-se à condenação. Lembra aqueles julgamentos da Santa Inquisição onde um promotor, braço esticado, dedo em riste apontado para a face do réu, mudo e cabisbaixo, volta-se para seus pares e com afiada eloquência alinha pecados, fraquezas, violações das sagradas escrituras, uma só das quais seria suficiente para condená-lo à fogueira. Entendo que esse estilo de texto deve ser evitado: **dá a impressão de que existem assuntos tabus dentro da física que não admitem questionamentos e este é um ensinamento muito ruim, além de ser reprovável do ponto de vista do bom gosto.** Relatividade Geral, Restrita ou qualquer outro assunto. Mesmo que se corra o risco de ultrapassar os limites que separam a ortodoxia daquilo que os autores chamaram de "ciência patológica". Ninguém melhor que Einstein simbolizou exemplarmente esse tipo de independência intelectual e cultivou essa característica da física [...]. (MARQUES, 2001, Cartas ao Editor, grifo nosso)

E a resposta de Escobar e Pleitez (2001b) à carta de Marques (2001) não foi muito convincente, deixando claro que há uma certa antipatia destes autores por Assis, que transpareceu no artigo. Vejamos a resposta:

Não é nossa intenção realizar a Santa Inquisição contra o Professor Assis ainda mais que o artigo prende-se única e exclusivamente à obra que foi objeto da resenha publicada anteriormente na mesma RBEF. Uma inquisição teria, para justificar este nome de tão tristes lembranças, que realizar um trabalho extenso cobrindo toda a obra do Professor Assis. Procuramos no nosso artigo mostrar que em ciência não basta o questionamento! É bom lembrar que em ciência não vale tudo. Se é verdade que na proposta de uma nova teoria pode "valer tudo" (Feyerabend) o mesmo não acontece na verificação dessa teoria. Neste caso é o acordo com os dados experimentais que vai dizer se a teoria vale ou não. A Mecânica Relacional já foi eliminada pela experiência e foi isto que procuramos mostrar aos leitores da RBEF. (ESCOBAR; PLEITEZ, 2001b, Cartas ao Editor)

Polêmicas à parte, Escobar e Pleitez (2001a) endereçam as suas primeiras críticas ao *Princípio de Mach*, lembrando que este não foi implementado quantitativamente de maneira consistente por nenhuma teoria, nem mesmo pela relatividade geral. O que apenas confirma o que Assis (1999) já havia informado. Mas ao afirmarem que também não tem sido possível verificá-lo experimentalmente, podemos deduzir que a explicação dada por Mach da experiência do balde girante não é considerada como correta por estes autores, neste ponto estamos de acordo. Corroborando a informação de Assis (1999), Escobar e Pleitez (2001a) afirmam que Einstein tinham o *Princípio de Mach* como guia para a construção das teorias da relatividade. De tal maneira que, em 1912, usando uma versão rudimentar da teoria da relatividade geral, mostrou que se uma esfera oca massiva é acelerada em torno de um eixo que passa pelo centro no qual se encontra uma massa inercial pontual, então a massa inercial desta última é aumentada. Mas na versão mais elaborada, as primeiras soluções obtidas para sua equação de campo gravitacional iam contra o *Princípio de Mach*, mostrando que a validade das equações dependia de um espaço absoluto no qual um corpo de prova teria inércia mesmo na ausência de outras massas. Na esperança de reconciliar a relatividade geral com o *Princípio de Mach*, em 1917, Einstein teve que modificar suas equações introduzindo uma constante cosmológica, de tal modo a obter um universo homogêneo, isotrópico e estático, onde a inércia de um corpo não existiria na ausência de matéria em sua vizinhança. Mas, segundo Escobar e Pleitez (2001a, p.262), ainda em 1917, a demonstração do astrônomo holandês Willem de Sitter (1872 - 1934) de que as equações modificadas admitiam uma solução para um universo vazio, que correspondia a um universo em expansão, foi o acontecimento crucial para a sua credibilidade nesse princípio ser abalada. Após passar um ano tentando mostrar que a solução de de Sitter era fisicamente inaceitável (devido a alguma singularidade), Einstein abandonou suas tentativas de implementar rigorosamente o princípio de Mach. Em 1954, em uma carta, ele disse:

Na minha opinião nunca mais deveríamos falar do princípio de Mach. Houve uma época na qual pensava-se que os 'corpos ponderáveis' eram a única realidade física e que, numa teoria todos os elementos que não estiverem totalmente determinados por eles, deveriam ser escrupulosamente evitados. Sou consciente que durante um longo tempo também fui influenciado por essa idéia fixa. (EINSTEIN apud ESCOBAR; PLEITEZ, 2001a, p.263)

O interessante é que os autores não dão por encerrado o assunto ao afirmaram que "A origem da inércia (das massas) continua a ser um ponto em aberto em qualquer teoria fundamental das partículas elementares" (ESCOBAR; PLEITEZ, 2001a, p.263), eles apenas não concordam que o *Princípio de Mach* seja a solução adequada. Esta é a opinião que defendemos, não sabemos o porquê da matéria ter a tendência de seguir a Primeira Lei do movimento, assim como Newton não sabia, mas também não acreditamos que a inércia dependa da interação com outros corpos. As outras críticas dos autores são para a afirmação de que as teorias da relatividade estão erradas. Depois de refutarem os argumentos da assimetria da indução eletromagnética e da covariância, eles afirmam que os supostos paradoxos citados por Assis (1999) - a contração de comprimento, a dilatação do tempo, a curvatura do espaço, a constância da velocidade da luz no vácuo qualquer que seja o estado de movimento do detector, etc. - já foram comprovados por vários experimentos. Após a descrição de alguns destes experimentos, eles complementam: " Em 100 anos de prêmios Nobel apenas em 6 ocasiões não foi entregue. Deste total, 27 estão relacionados de alguma maneira com a relatividade especial e pelo menos 1 com a TGR" (ESCOBAR; PLEITEZ, 2001a, p.265). A intenção dos autores foi mostrar que inúmeros experimentos meticulosos, premiados inclusive com o Nobel, confirmaram as teorias da relatividade. Aqui a nossa opinião oscila para os dois lados. Em parte concordamos com este argumento, afinal, não podemos desprezar a capacidade intelectual destes cientistas laureados e pensar que todos abraçaram as teorias de Einstein cegamente. Como se apenas Assis (1999) tivesse conhecido a eletrodinâmica de Weber e refletido sobre a possibilidade de sua utilização na mecânica. Mas, por outro lado, sabemos que as pesquisas não são isentas de influências políticas, sociais e econômicas. Deste modo, questionamos se a *Mecânica Relacional* foi rejeitada por não responder adequadamente estes experimentos premiados, ou, por não atender ao interesse econômico da comunidade científica dominante que ganha altas quantias com as pesquisas envolvendo as teorias da relatividade. Aos adeptos da *Mecânica Relacional* fica aqui um alento, a história da ciência mostra que, mais cedo ou mais tarde, teorias inconsistentes clamam por substituição, se este for o caso das teorias da relatividade, não faltará oportunidade para a *Mecânica Relacional* provar a sua eficácia.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos professores têm-se preocupado com o fato dos estudantes estarem demonstrando desestímulo e desinteresse em aprender os conhecimentos básicos na área de Física, pois esta é abordada em sala de aula, geralmente, restringindo-se à resolução de problemas e exercícios de quadro-negro. Porém, o ato de ensinar é uma atividade complexa para cada professor, rodeada de riscos de insucesso para cada um dos seus alunos ou para o conjunto dinâmico de uma sala de aula. Considerando a complexidade do processo ensino/aprendizagem e admitindo ser o conhecimento uma conquista pessoal do educando, somos levados a acreditar que qualquer proposta metodológica, por melhor que seja, não será, por si só, garantia de aprendizagem. Ela

deverá ser acompanhada pela competência do professor e pela consciência e vontade do aluno em querer aprender. Nesta perspectiva, o elemento principal reside no despertar do interesse do aluno, fundamental nesta caminhada, cabendo ao professor a difícil tarefa de oferecer ao aluno condições favoráveis para sua aprendizagem e a construção do conhecimento, de sua história, de suas bases epistêmicas, de suas contingências. Uma boa opção como elemento para o despertar do interesse do aluno seria um estudo mais aprofundado sobre algumas controvérsias científicas. Isso poderia permitir ao educando desenvolver algumas das competências e habilidades sugeridas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, como, por exemplo:

Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo o seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.

Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. (BRASIL, 2000, p.13)

Deste modo, sugerimos o estudo teórico do experimento do balde girante, em sala de aula, incentivando os alunos a participarem do debate. Além dos motivos já citados, acreditamos que o aluno, ao ser mergulhado no contexto das opiniões divergentes dos cientistas sobre este experimento, poderá desenvolver, potencialmente, um espírito crítico, desmistificando o conhecimento científico. E o professor terá oportunidade de experimentar uma aula diferente do método tradicional de ensinar Física, segundo Megid (1998, p.17), um método que tem:

Um ensino calcado na transmissão de informações através de aulas quase sempre expositivas, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade. Um ensino voltado primordialmente para a preparação aos exames vestibulares, suportado pelo uso indiscriminado do livro didático ou materiais assemelhados e pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos. Um ensino que apresenta a Física como uma ciência compartimentada, segmentada, pronta, acabada, imutável.

Gostaríamos de convidar também o leitor a dar a sua explicação sobre o que acontece na experiência do balde girante. Este é um assunto muito importante para o entendimento da mecânica newtoniana, mas pouco discutido. Por exemplo, não encontramos nas obras clássicas de Mecânica qualquer menção a este experimento. Ao longo do artigo emitimos a nossa opinião, mas há ainda várias perguntas esperando por respostas convincentes. Por isto, dividimos com o leitor as nossas dúvidas: Por que a água sobe pelas paredes, como se existisse uma força puxando para cima? Qual

é a função do espaço absoluto no experimento? Por que um corpo insiste em seguir a Primeira Lei de Newton?

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. K. T. *On Mach's Principle*. Found. Phys. Letters, v.2, p.301-318, 1989.
- \_\_\_\_\_. *Mecânica Relacional*. Campinas: Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência/Unicamp, 1998.
- \_\_\_\_\_. *Uma nova Física*. São Paulo: Perspectiva, 1999.
- BARBATTI, M. *A filosofia natural à época de Newton*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.21, n.1, p.153-161, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Conceitos físicos e metafísicos no jovem Newton: uma leitura do De Gravitatione*. Revista da SBHC, n.17, p.59-70, 1997.
- BARRA, E. S. O. *Omnis Philosophiae Difficultas: o conceito de força na filosofia natural de Newton*. São Paulo, 1994. 193f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo.
- \_\_\_\_\_. *A metafísica cartesiana das causas do movimento: mecanicismo e ação divina*. Scientiae Studia, v.1, n.3, p.299-322, 2003.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.
- COHEN, I. B.; WESTFALL, R. S. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EdUERJ - Contraponto, 2002.
- DIAS, P. M. C. *F=ma?! O nascimento da lei dinâmica*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.28, n.2, p.205-234, 2006.
- ESCOBAR, O.; PLEITEZ, V. *Mecânica Relacional: a propósito de uma resenha*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p.260-270, 2001a.
- \_\_\_\_\_. *Escobar e Pleitez respondem*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.23, n.4, Cartas ao Editor, 2001b.
- FITAS, A. J. S. *Os Principia de Newton, alguns comentários (Primeira parte, a Axiomática)*. Vértice, n.72, p.61-68, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Mach: o positivismo e as reformulações da mecânica no séc. XIX*. Atas do 3º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência (Universidade de Évora, 11-12 de Novembro, 1996), Évora, Universidade de Évora, p.115-134, 1998.
- GARDELLI, D. *A origem da inércia*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.16, n.1, p.43-53, 1999.
- MACH, E. *The science of Mechanics - A critical and historical account of its development*. La Salle: Open Court, 1960.
- MARQUES, A. *Crítica e bom uso do idioma*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.23, n.4, Cartas ao Editor, 2001.
- NEVES, M. C. D. *"Conatus Recedenti ab Axé Motus" ou a parábola do balde de Newton*. In: NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A. (orgs.). *De Experimentos, Paradigmas e Diversidades no Ensino de Física*. Maringá, PR: Massoni, 2005. p.189-196.

MEGID, J. N.; PACHECO, D. *Pesquisas sobre o ensino de Física no Brasil*. In: Nardi, R. (org.) *Pesquisas em Ensino de Física*. São Paulo: Escrituras Editora, 1998.

NEWTON, I. *O peso e o equilíbrio dos fluidos*. São Paulo: Nova Cultural, 1996a, p.300-334.

\_\_\_\_\_. *Princípios matemáticos da filosofia natural*. São Paulo: Nova Cultural, 1996b, p.14-260.

\_\_\_\_\_. *Os princípios matemáticos da filosofia natural*. In: HAWKING, S (org.). *Os gênios da ciência: sobre os ombros de gigantes*. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p.449-908.

SAPUNARU, R. A. *O "Estilo Newtoniano", o espaço, o tempo e o movimento "absolutos": controvérsias entre cartesianos e newtonianos*. Rio de Janeiro, 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Faculdade de Filosofia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

**Recebido em:** out. 2007    **Aceito em:** nov. 2007

# Modelo matemático do crescimento da *Araucaria angustifolia*: aplicação da modelagem matemática no ensino do cálculo diferencial e integral

César Augusto Machado Freitas  
Marilaine de Fraga Sant'Ana

## RESUMO

Este artigo apresenta o relato e as reflexões decorrentes da aplicação da Modelagem Matemática como estratégia de ensino no caso específico de estudantes da terceira fase do curso de Ciências da Computação das Faculdades Integradas Univest - FACVEST em Lages/SC, na disciplina de Cálculo. Foi desenvolvido um modelo matemático para crescimento da *Araucaria angustifolia*, usando técnicas de Cálculo Diferencial e Integral. O objetivo principal do trabalho consistiu na Modelagem como fator de integração entre a Matemática do estudante universitário e a investigação de problemas regionais. Pôde-se concluir quanto à eficácia da Modelagem para este fim, bem como para a compreensão dos conteúdos específicos da disciplina.

**Palavras-chave:** Modelagem Matemática. Ensino-aprendizagem. *Araucaria angustifolia*.

## Mathematical model of the growing of *Araucária angustifolia*: Application of mathematical modeling to the teaching of differential and integral calculus

## ABSTRACT

This article presents the reflections about the application of Mathematical Modeling as a strategy of education in the specific case of students of the third phase of Computer Sciences of the Faculdades Integradas Univest - FACVEST in Lages/SC, in disciplines of Calculus. A mathematical model for growth of the *Araucaria angustifolia* was developed using techniques of Differential and Integral Calculus. The main objective of the work consisted of the Modeling in the integration of university students Mathematics and the inquiry of regional problems. It could be concluded about the effectiveness of the Modeling for this end, as well as for the understanding of the specific contents of Calculus.

**Keywords:** Mathematical modelling. Teaching/Learning. *Araucaria angustifolia*.

---

César Augusto Machado Freitas é Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA. E-mail: cesarfreitas@sle.br

Marilaine de Fraga Sant'Ana é Doutora em Matemática (UNICAMP-2000), professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, da UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 64-74	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	----------	----------------

# 1 INTRODUÇÃO

A modelagem matemática gradativamente vem conquistando espaço no ensino de matemática no Brasil, que pode fluir em todos os níveis desde os alicerces do ensino básico, perpassando pela graduação em ciências exatas, atingindo patamares das pesquisas científicas.

Diversos autores têm contribuído para o desenvolvimento das pesquisas em Modelagem no Brasil, como Jonei Barbosa (2001, 1999), Rodney Bassanezi (2002) e Maria Salett Biembengutt (1999) abordando diversos aspectos da mesma.

É considerável o caráter interdisciplinar que a modelagem matemática proporciona, sendo em alguns momentos também a critérios do docente com a devida formação ser multidisciplinar, ou seja, o educador pesquisador pode transcender aos modelos tradicionais de ensino no momento de ministrar suas aulas, para isso deverá ter conhecimento de outras áreas da ciência.

Acreditando no potencial da Modelagem Matemática para a integração entre a Matemática do estudante universitário e a investigação de problemas regionais, foi proposto um projeto de pesquisa para a dissertação de mestrado do primeiro autor, sob a orientação da segunda autora, que aborda um estudo sobre a *Araucaria angustifolia*, floresta predominante na região até um século atrás e agora vítima do desmatamento, como tema central para a Modelagem Matemática em um curso regular de Cálculo. A escolha do tema foi diretamente vinculada ao contexto dos alunos devido à preocupação com a destruição desta floresta na região na qual a experiência foi realizada. A intenção da atividade foi direcionada à Modelagem Matemática vista como meio de reflexão acerca da realidade.

A aplicação da modelagem matemática no ensino do Cálculo tem sido discutida por diversos autores, como Araújo e Barbosa (2005), Sant'Ana (2004), Rilho (2005), entre outros.

Em contato direto com a araucária em aula de campo, deu-se início à coleta de informações, organização das etapas a serem aplicadas no objetivo de se definir um modelo matemático para representar o crescimento da *Araucaria angustifolia*. Orientados da importância em relatar as dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho, a maior dificuldade dos alunos foi o da transferência de conceitos matemáticos na fundamentação da modelagem do fenômeno proposto. A modelagem enfim foi entendida pelos alunos como a forma de representar fenômenos do mundo real por meio da matemática como também do seu caráter interdisciplinar. Outra dificuldade apresentada foi a de definir quais seriam as variáveis consideradas conforme o fenômeno e como deveriam ser relacionadas. Estas dificuldades foram superadas gradativamente com o desenvolvimento do modelo.

## **2 MODELOS MATEMÁTICOS**

Bender (2000) define modelo matemático como uma construção matemática abstrata e simplificada relacionada a uma parte da realidade e criada para um propósito particular.

Bassanezi (2002) define modelo matemático como um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado, este apresenta uma linguagem concisa na formulação do modelo, expressando as idéias de maneira clara e sem ambigüidades.

Ainda, para Bassanezi (1994, p.31), "um modelo matemático é quase sempre um sistema de equações ou inequações algébricas, diferenciais, integrais, etc., obtido através de relações estabelecidas entre as variáveis consideradas essenciais ao fenômeno sobre análise".

Os modelos matemáticos podem ser formulados de acordo com a natureza dos fenômenos analisados e classificados conforme o tipo de matemática utilizada. Segundo Bassanezi (2002), os modelos são classificados em modelo linear ou não linear, modelo estático ou dinâmico e modelo educacional ou aplicativo, este último é o modelo que envolve um número significativo de relações de variáveis, fornecendo em geral sistemas de equações com diversos parâmetros. O modelo matemático tem a intenção de facilitar a tomada de decisões, a realização de previsões em relação ao fenômeno estudado, com a capacidade de interferir nas mudanças das mais diversas situações do mundo real.

## **3 MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA ALTURA DA ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA EM FUNÇÃO DA IDADE**

Neste trabalho, apresentamos o modelo matemático que representa a altura da araucária em função da idade. Este modelo desenvolvido pelos acadêmicos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, passando por etapas da modelagem de acordo com Bassanezi (2002), as quais foram: experimentação, abstração, resolução, validação, modificação e aplicação.

Para a montagem do modelo os alunos apresentaram em sala de aula uma tabela de produção ligada a *Araucaria angustifolia*. A tabela apresenta dados sobre a idade, número de árvores e altura média. É importante observar que esta tabela foi pesquisada pelos alunos somente após uma saída de campo, na qual estiveram em contato com a *Araucaria angustifolia* em seu habitat natural, ou seja, a utilização de dados já armazenados pela Embrapa foi originada da dificuldade em colher seus próprios dados.

TABELA 1 - Produção (Araucaria angustifolia).

Idade	Altura Dominante	Número árvores	Diâmetro médio	Altura média
4	5,4	990	6,6	4,7
5	6,7	990	8,7	5,8
6	7,9	990	10,5	6,9
7	9,0	990	12,1	7,8
8	10,0	989	13,4	8,7
9	10,9	988	14,6	9,4
10	11,7	986	15,6	10,1
11	12,5	984	16,5	10,8
12	13,2	979	17,3	11,4
13	13,8	974	18,0	11,9
14	14,4	966	18,6	12,4
15	15,0	957	19,2	12,9
16	15,5	946	19,8	13,3
17	16,0	934	20,3	13,7
18	16,5	920	20,7	14,1
19	17,0	905	21,1	14,4
20	17,4	889	21,5	14,7
21	17,8	871	21,9	15,0
22	18,2	853	22,2	15,3
23	18,6	834	22,6	15,6
24	18,9	815	22,9	15,8
25	19,3	795	23,1	16,1
26	19,6	775	23,4	16,3
27	19,9	755	23,7	16,5
28	20,2	734	23,9	16,7
29	20,5	714	24,1	16,9
30	20,8	694	24,4	17,2

Fonte: EMBRAPA (2001)

Dados coletados no período de 2001, inventário de uma floresta com 990 árvores de trinta anos na região de Telêmaco Borba/PR.

### 3.1 Da construção do modelo

Sem dúvida, pode-se constatar que a maior dificuldade dos alunos foi a do levantamento das variáveis com o fenômeno do crescimento em função da idade. Este problema foi resolvido a partir da observação detalhada dos dados da Tabela 1. Os alunos observaram a coluna das idades e o comportamento da altura média e concluíram que a relação crescimento em função do tempo fisicamente representava velocidade de crescimento e que, quanto maior o tempo (idade), menor era a velocidade de crescimento. Calcularam a velocidade de crescimento (Tabela 2), acrescentando este dado como uma nova coluna na tabela (ver Tabela 3).

$$v = \frac{\text{altura média}}{\text{idade}} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{dh}{dt}$$

Taxa de variação

TABELA 2 - Velocidade de crescimento metros por ano.

Idade (anos)	Altura Média (m)	Velocidade de crescimento (m/a)
4	4,7	-
5	5,8	$v = \frac{5,8 - 4,7}{5 - 4} = 1,10\text{m/a}$
6	6,9	$v = \frac{6,9 - 5,8}{6 - 5} = 1,10\text{m/a}$
7	7,8	$v = \frac{7,8 - 6,9}{7 - 6} = 0,90\text{m/a}$
8	8,7	$v = \frac{8,7 - 7,8}{8 - 7} = 0,90\text{m/a}$
9	9,40	$v = \frac{9,40 - 8,7}{9 - 8} = 0,7\text{m/a}$

Fonte: Tabela elaborada pelos alunos do grupo em sala de aula, utilizaram dados da Tabela 1.

Procederam desta forma sucessivamente obtendo a coluna velocidade média de crescimento em metros por ano conforme Tabela 2.

TABELA 3 - Modelagem do crescimento da altura da Araucaria angustifolia em função da idade.

Idade	Altura média	Intervalo altura	Intervalo idade acumulado	Velocidade (m/a)
4	4,70	-	-	-
5	5,80	1,10	1	1,10
6	6,90	1,10	2	1,10
7	7,80	0,90	3	0,90
8	8,70	0,90	4	0,90
9	9,40	0,70	5	0,70
10	10,10	0,70	6	0,70
11	10,80	0,70	7	0,70
12	11,40	0,60	8	0,60
13	11,90	0,50	9	0,50
14	12,40	0,50	10	0,50
15	12,90	0,50	11	0,50
16	13,30	0,40	12	0,40
17	13,70	0,40	13	0,40
18	14,10	0,40	14	0,40
19	14,40	0,30	15	0,30
20	14,70	0,30	16	0,30
21	15,00	0,30	17	0,30
22	15,30	0,30	18	0,30
23	15,60	0,30	19	0,30
24	15,80	0,20	20	0,20
25	16,10	0,30	21	0,30
26	16,30	0,20	22	0,20
27	16,50	0,20	23	0,20
28	16,70	0,20	24	0,20
29	16,90	0,20	25	0,20
30	17,20	0,20	26	0,20

Fonte: Tabela elaborada após cálculo da velocidade de crescimento médio ano a ano.

Partindo da taxa de variação  $v = \frac{dh}{dt}$  e da hipótese formulada, desenvolveram seus cálculos:

$$v = \frac{dh}{dt}$$

$$v = \frac{K}{t}$$

$$dh = v \cdot dt$$

(velocidade de crescimento médio inversamente proporcional ao tempo).

$$\int dh = \int v \cdot dt$$

$$h + c_1 = \int \frac{K}{t} dt$$

$$\int du = u + c$$

$$\int \frac{du}{u} = \ln|u| + c$$

$$h + c_1 = K \int \frac{dt}{t}$$

$$h + c_1 = K \cdot \ln|t| + c_2$$

$$h = K \cdot \ln|t| + c_2 - c_1$$

$$h = K \cdot \ln|t| + \hat{c}$$

Condições iniciais conforme Tabela 1: modelo matemático do crescimento médio de uma amostra de 990 árvores ao longo de 30 anos.

Aleatoriamente consideram-se os seguintes valores:

$$\left\{ \begin{array}{l} t = 5 \text{ anos} - \text{substituindo os respectivos valores na equação.} \\ h = 5,8 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$h = K \cdot \ln|t| + \hat{c}, \text{ obtemos:}$$

$$5,8 = a \cdot \ln|5| + \hat{c}$$

$$5,8 = K \cdot 1,609437 + \hat{c} \text{ Equação 1.}$$

$$\begin{cases} t = 20 \text{ anos} \\ h = 14,7 \text{ m} \end{cases}$$

$$14,7 = K \cdot \ln|20| + \hat{c}$$

$$\boxed{14,7 = K \cdot 2,9958 + \hat{c}} \quad \text{Equação 2}$$

Assim obtém-se o sistema de equações:

$$\begin{cases} 5,8 = 1,609437K + \hat{c} \\ \underline{14,7 = 2,9958K + \hat{c}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} -14,7 = -2,9958K - \hat{c} \\ \underline{5,8 = 1,609437K + \hat{c}} \end{cases}$$

$$-8,9 = -1,386363K$$

$$K = \frac{8,9}{1,386363}$$

$$1,386363K = 8,9$$

$$\boxed{K = 6,42}$$

Substituindo  $K = 6,42$  na equação 1, temos:

$$5,8 = 1,609437K + \hat{c}$$

$$5,8 = 1,609437(6,42) + \hat{c}$$

$$5,8 = 10,33258554 + \hat{c}$$

$$5,8 - 10,33258554 = \hat{c}$$

$$\boxed{\hat{c} = -4,5375}$$

Como  $h = K \cdot \ln |t| + \hat{c}$  logo

$$h = 6,42 \cdot \ln |t| - 4,5375$$

Os alunos utilizam então esta equação para expressar o modelo matemático do crescimento médio das araucárias ao longo de 30 anos.

Para a confirmação da validade do modelo matemático, os alunos testaram em dados da tabela original (Tabela 1). Por exemplo: considerando  $t = 28$  anos conforme a Tabela 1, devemos ter  $h = 16,70$  m.

Na equação temos:

$$h = 6,42 \cdot \ln |t| - 4,5375$$

$$h = 6,42 \cdot \ln |28| - 4,5375$$

$$h = 6,42 \times (3,332204) - 4,5375$$

$$h = 21,40 - 4,5375$$

$$h = 16,8 \text{ m}$$

O referido valor da altura "h" praticamente se iguala ao apresentado na Tabela 1.

Considerando  $t = 30$  anos, segundo a Tabela 1, devemos ter  $h = 17,20$  m.

Na equação temos:

$$h = 6,42 \cdot \ln |30| - 4,5375$$

$$h = 6,42 \times (3,40119738) - 4,5375$$

$$h = 21,83568719 - 4,5375$$

$$h = 17,2 \text{ m}$$

O referido valor  $h = 17,2$  m confirma o apresentado na Tabela 1, validando desta forma a equação do modelo matemático do crescimento médio.

Em um de nossos encontros apresentamos aos alunos a possibilidade de que modelos matemáticos nos permitem fazer previsões. Um dos componentes do grupo sugeriu que se realizasse a definição da altura média para os 50 anos.

$$h = 6,42 \cdot \ln |50| - 4,5375$$

$$h = 6,42 \times (3,91202301) - 4,5375$$

$$h = 25,1151 - 4,5375$$

$$h = 20,57 \text{ m}$$

### 3.2 Utilização de software para o ajuste ou regressão de curvas

A regressão ou ajuste de curvas é um recurso utilizado para representar a tendência de uma variável  $y$  em função de outra variável  $x$ .

Os ajustes de curvas são diversos, os mais conhecidos são: logístico, Michaelis-Menten, exponencial geométrico ajuste linear, ajuste polinomial. Neste trabalho utilizamos para o ajuste de curvas o *software Microsoft Excel*, que deve ser aplicado com cautela pelo fato de apresentar falhas na determinação de curvas de tendência decorrentes de ajustes polinomiais.

Ainda, segundo Bassanezi (2002) uma curva de regressão é bastante útil para uma formulação simplificada dos dados ou verificação de alguma tendência entre eles. Quando analisamos alguns fenômenos ou situação através de dados numéricos estamos interessados, além da descrição e tendências locais fornecidas por uma curva de regressão em saber se a relação funcional corresponde ( $y = f(x)$ ) e também adequada para se fazer previsão de  $y$  quando  $x$  escapa do intervalo pesquisado.

Os alunos realizaram o ajuste de curvas com o objetivo de encontrar aquela que melhor descrevesse, que melhor se aproximasse dos dados colhidos, já se preocupando em definir o modelo matemático do crescimento em função do tempo sempre na expectativa que a mesma coincidissem com o modelo encontrado mediante método algébrico.

A Figura 1 indica o ajuste da curva do modelo obtido com a planilha Excel que apresenta um bom ajuste, ou seja, apresenta o modelo muito próximo do fenômeno estudado.

Os alunos chegaram a esta conclusão, pois a equação obtida é praticamente a mesma equação definida pelo processo algébrico apresentado anteriormente.

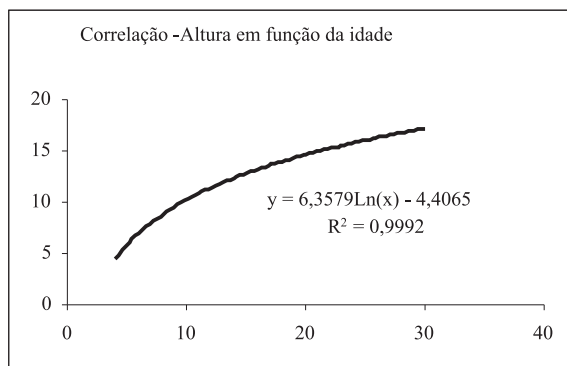


FIGURA - 1 Modelo ajustado com Excel.

O ajuste de curva realizado pelos alunos nos leva a concluir que a aplicação do software Excel e o processo algébrico se complementam e esta relação comparativa serviu de comprovação de todo o procedimento no objetivo da obtenção do modelo matemático.

Observamos que os alunos só recorreram ao ajuste de curvas fornecido pelo programa após realizarem seus próprios cálculos, como um elemento a mais para a validação de seu modelo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modelos matemáticos, como o apresentado neste trabalho, podem ser construídos com os alunos em sala de aula, auxiliando desta forma a melhor compreensão da aplicação das técnicas de derivação e integração, assim o aluno interessado em estudar esta disciplina de forma mais objetiva se motivará em aplicar tais técnicas no estudo de problemas de seu cotidiano.

Ainda é importante destacar que a aplicação da modelagem matemática no processo ensino-aprendizagem pode tornar as aulas de Cálculo Diferencial e Integral mais dinâmicas, mais interessantes, pois não nos limitaremos em somente conhecer as técnicas de derivação e integração. A modelagem matemática pode proporcionar a oportunidade de aplicar a teoria do cálculo no entendimento de questões do mundo real em sala de aula.

Podemos concluir que este trabalho atingiu os objetivos propostos, reforçando o potencial da Modelagem Matemática para a integração entre a Matemática do ambiente universitário e a investigação de problemas regionais. A escolha do tema da modelagem foi fundamental para o despertar do interesse do aluno pelo trabalho, bem como para o acesso aos dados. Os alunos demonstraram autonomia e persistência, assim como uma preocupação em proceder dentro das etapas da modelagem, com especial enfoque para a validação. Além disso, podemos concluir que os conteúdos específicos de Cálculo Diferencial e Integral utilizados no modelo foram plenamente compreendidos pelos alunos.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. L.; BARBOSA, J. C. *Face a face com a Modelagem Matemática: como os alunos interpretam essa atividade?* Bolema, Rio Claro, n.23, p.79-95, 2005.
- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- \_\_\_\_\_. Modeling as a teaching-learning strategy. *For the Learning of Mathematics*, v.14, pp.31-35, 1994.
- BARBOSA, J. C. *Modelagem Matemática e os professores: a questão da formação*. Bolema - Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, n.15, p.5-23, 2001.
- \_\_\_\_\_. O que pensam os professores sobre a modelagem matemática? *Zetetiké*, Campinas, v.7, n.11, p.67-85, 1999.
- BENDER, E. A. *An introduction to mathematical modeling*. Mineola, New York: Dover, 2000.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem matemática e implicações no ensino-aprendizagem de matemática*. Blumenau: Editora da FURB, 1999.
- RILHO, B. C. *Uma experiência em ensino-aprendizagem: modelos de fundos de investimento e as derivadas*. 2005, 156f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas/RS, 2005.
- SANT'ANA, M. F. *Trabalhando o cálculo a partir da modelagem de um experimento*. *Acta Scientiae*, v.6, n.2, Canoas: 2004.

**Recebido em:** maio 200    **Aceito em:** jul. 2007

# Opiniões dos professores de Matemática do Ensino Fundamental e Médio em relação ao ensino de Estatística

Geovana Marques  
Arno Bayer

## RESUMO

Este artigo trata de uma pesquisa que teve como objetivo investigar as opiniões dos professores de Matemática do Ensino Fundamental e do Ensino Médio da 16ª Coordenadoria Regional de Educação, com relação ao ensino da Estatística. Para isso, o trabalho foi composto de 3 etapas distintas: a primeira foi um estudo bibliográfico a respeito de currículo; a segunda foi a busca de dados sobre os conteúdos de Matemática e Estatística presentes nos planos de estudo das escolas e a terceira foi a investigação das opiniões dos professores que estavam atuando na disciplina de Matemática em relação ao ensino da Estatística. Para o levantamento dos conteúdos foi solicitado o manuseio dos planos de estudo de cada escola, da coordenadoria. Para a investigação das opiniões dos professores, foi encaminhado um instrumento de pesquisa. Buscou-se saber dos educadores como os conteúdos de Estatística eram abordados e trabalhados no Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Foi investigada a importância dada pelos professores ao ensino de Estatística. Procurou-se saber dos professores se utilizavam o computador para a abordagem dos conteúdos de Estatística em aula e como eram discutidos pelo professor estes conteúdos, que são incluídos no plano de ensino. Investigou-se ainda, a visão do professor sobre quais eram os objetivos da Estatística. Após análise dos dados, de conhecer o perfil dos professores da 16ª CRE, percebeu-se que menos da metade dos programas das escolas aborda o conteúdo de Estatística, porém, os professores consideraram que a abordagem deste conteúdo nas aulas seja importante e que pode contribuir efetivamente para a formação do aluno, desenvolvendo o espírito crítico e a cidadania.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Estatística. Educação Estatística. Estatística no Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

## The opinions of basic and high school mathematical teachers of the 16th CRE towards the teaching of Statistics

## ABSTRACT

This article is a survey that aimed to investigate the opinions of teachers of Elementary Mathematics Education and the high school's 16th Regional Coordination of Education, with regard to the Statistics teaching. The work was divided in 3 distinct stages: the first was a study book about curriculum, the second was the search for data on the contents of Mathematics and

---

Geovana Marques é Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.  
Arno Bayer é Doutor em Ciência da Educação. Professor da ULBRA.

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 75-90	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	----------	----------------

Statistics presented in the schools plans and the third study was the investigation of reviews of teachers who were working in the discipline of Mathematics in relation to the teaching of Statistics. For the analysis of the contents it was asked access to study plans for each school. To research the opinions of teachers, an instrument of research was sent. The aim was to learn from educators as the contents of Statistics were discussed and worked in the elementary school and in high school. It investigated the importance given to education by Statistics teachers. The study seeks to learn whether the teachers used the computer to teach the contents of Statistics in class and how these contents which are included in the plan of education were discussed by the teacher. It is further investigated the teacher vision on what were the goals of Statistics. After analysis of the data to know the profile of teachers of the 16th CRE it was found that less than half of the school programs address the content of Statistics, however the teachers felt that teaching this content in the classroom is important and can contribute effectively for the student formation, developing the critical thinking and citizenship.

**Keywords:** Mathematics Education. Statistics. Statistics teaching. Statistics in elementary school and in high school.

## INTRODUÇÃO

A formação básica em Estatística tornou-se indispensável às pessoas, nos dias atuais, para exercer suas atividades. Em muitos momentos é necessário um mínimo de conhecimento estatístico para a interpretação de dados em jornais e revistas. Ao ensino da Matemática fica o compromisso de não só ensinar o domínio de números, mas também a organização e leitura das informações que nos cercam (LOPES 1998). É consenso entre os pesquisadores do mundo inteiro que a cultura estatística é essencial ao ser humano. Batanero (2002) defende que numa sociedade mutante e imprevisível como a nossa, nos sentimos inseguros sobre qual é a melhor forma de preparar nossos jovens, qual é o conteúdo que deve ser ensinado e que não vá se tornar desnecessário em pouco tempo.

Neste trabalho, foram investigadas as opiniões dos professores que estavam atuando na disciplina de Matemática do Ensino Fundamental e Médio da 16ª CRE, em relação ao ensino de Estatística nestes níveis.

Com este trabalho esperamos conhecer a realidade em relação ao ensino de Estatística e encontrar dados que nos ajudem a melhorar o ensino e a aprendizagem em nossas escolas.

## A ESTATÍSTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

Os conteúdos de matemática são essenciais, para qualquer cidadão, independente da área de trabalho, do meio em que a pessoa vive da série em que está. É necessário dominar estes conhecimentos para poder ter domínio das situações do dia-a-dia e compreender o que é exposto na mídia.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1998), o ensino da Estatística aparece inserido no bloco de conteúdos chamado de: Tratamento das Informações. Conteúdo

justificado pela demanda social e por sua constante utilização na sociedade atual, pela necessidade do indivíduo compreender as informações veiculadas, tomar decisões e fazer previsões que influenciam sua vida pessoal e em comunidade.

Os PCNs (1998) consideram que tais assuntos possibilitam o desenvolvimento de formas particulares de pensamento e raciocínio, envolvendo fenômenos aleatórios, interpretando amostras, fazendo inferências e comunicando resultados por meio da linguagem estatística. Descrevem também que o estudo desses temas desenvolve, nos alunos, atitudes que possibilitam o posicionamento crítico, o fazer previsões e o tomar decisões. Acreditam que tratar essas questões, durante o Ensino Fundamental, seja necessário para a formação dos alunos.

De acordo com os PCNs,

Com relação à Estatística, a finalidade é fazer com que o aluno venha a construir procedimentos para coletar, organizar, comunicar dados, interpretar amostras e comunicar resultados por meio da linguagem estatística, utilizando tabelas, gráficos e representações que aparecem frequentemente em seu dia-a-dia. Além disso, calcular algumas medidas estatísticas, como média, mediana e moda com o objetivo de fornecer novos elementos para interpretar dados estatísticos. (PCNs 1998, p. 52)

Pires (2000) escreve que, nas propostas atuais, educadores e matemáticos colocam a atividade matemática como criação, produção, fabricação, não mais como olhar e desvelar. Destacam que os conceitos matemáticos não são bens culturais, transmitidos hereditariamente como dom, e sim o resultado de um trabalho do pensamento. A autora comenta sobre a expressão *fazer Matemática*. Ressalta que os alunos não devem reinventar a Matemática que já existe, mas engajar-se no processo de produção. Fazer Matemática significa construí-la, fabricá-la, produzi-la, ou seja, construir seu conhecimento.

Não podemos esperar que nosso aluno elabore sozinho sua visão de mundo, que saiba argumentar, raciocinar e comunicar-se. A escola deve proporcionar caminhos, oportunizar reflexões e preparar para a vida. “A educação para a cidadania, que é um dos grandes objetivos da educação de hoje, exige uma ‘apreciação’ do conhecimento moderno, impregnado de ciência e tecnologia” (D’AMBRÓSIO, 1996, p.87).

Hoje, cada indivíduo recebe grande quantidade de informações e, com frequência, necessita de técnicas estatísticas para correlacionar dados e, a partir destes, tirar conclusões. Consideramos que o estudo de conceitos estatísticos a partir das séries iniciais é fundamental à formação da criança.

O fato de as sociedades regularem cada vez mais a vida dos cidadãos por indicadores numéricos cria a necessidade de que todos eles tenham algum conhecimento que os ajude a compreender o seu significado e, ainda, de como

o processo é gerado. Ter conhecimento de Estatística tornou-se uma inevitabilidade para exercer uma cidadania crítica, reflexiva e participativa, tanto em decisões individuais como coletivas e esta necessidade não é exclusiva dos adultos uma vez que também as crianças desde cedo estão expostas a dados estatísticos. (CARVALHO, 2001, p. 19)

É importante que o aluno de hoje tenha o domínio dos conceitos básicos de estatística para compreender o que acontece em sua volta. Não só ter o domínio de cálculos e sim ler e compreender as informações.

Batanero (2000) afirma que, tradicionalmente, na aprendizagem da Estatística se dava muita ênfase aos cálculos, mas agora perde importância, devido às novas tecnologias. Segundo ela, no lugar do lápis e do papel, de cálculos e de gráficos, o aluno deve aprender o uso de calculadoras gráficas e programas de computador. As novas tecnologias introduzem novos elementos, permitem situações de aprendizagem onde o aluno simula problemas reais cuja solução requer uso de conceitos estatísticos. Estes recursos permitem a abordagem da Estatística e assim melhorar o seu preparo.

## **METODOLOGIA**

Com o objetivo de conhecer as concepções dos professores de Matemática do Ensino Fundamental e Médio nas escolas da 16ª CRE, com relação ao ensino de Estatística, realizou-se uma pesquisa na 16ª Coordenadoria Regional de Educação. Esta se situa na região nordeste do Rio Grande do Sul, na cidade de Bento Gonçalves e abrange vinte e quatro municípios.

Investigou-se o número de professores que estavam atuando na disciplina de Matemática do Ensino Fundamental (séries finais) e/ou Ensino Médio nesta coordenadoria.

Coletaram-se dados referentes às suas concepções em relação ao ensino da Estatística.

Estes dados foram coletados através de um instrumento de pesquisa de 22 questões. Havia questões fechadas e questões abertas onde o professor pode, livremente, expressar sua opinião.

Foi solicitado à Coordenadoria um ofício para ser encaminhado junto com o instrumento de pesquisa. Neste, foi solicitado para que os professores participassem da pesquisa.

Com o instrumento, coletou-se a opinião dos professores que estavam atuando na disciplina de Matemática nas escolas que possuíam alguma das quatro séries finais do Ensino Fundamental e/ou Ensino Médio. Procurou-se saber deles como os conteúdos de Estatística eram abordados e trabalhados no Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Investigou-se a importância dada pelos professores para o ensino de Estatística.

Procurou-se saber dos professores se utilizavam o computador para a abordagem dos conteúdos de Estatística em aula e como eram discutidos pelo professor estes conteúdos para serem incluídos no plano de ensino. Investigou-se ainda, a visão do professor sobre quais eram os objetivos da Estatística.

Os dados colhidos pelo instrumento de pesquisa foram analisados e tabulados usando os recursos da Estatística. Nas questões abertas foi analisado o conteúdo.

## RESULTADOS

As primeiras questões do instrumento de pesquisa levantaram o perfil dos educadores da 16ª CRE.

Percebeu-se que a grande maioria dos professores que estavam atuando na disciplina de Matemática era do sexo feminino. Constatou-se que a porcentagem maior pertencia à faixa etária de 20 a 35 anos, lecionava nos 3 turnos, trabalhava de 21 a 40 horas semanais e tinha 15 anos de magistério. A maior parte era formada em Matemática, tinha especialização, o curso de especialização era em Matemática ou em alguma área afim.

As próximas questões envolviam as opiniões dos professores.

Pesquisou-se a opinião em relação ao ensino de Matemática nas escolas estaduais da 16ª CRE. Obteveram-se as seguintes respostas, representadas no gráfico:

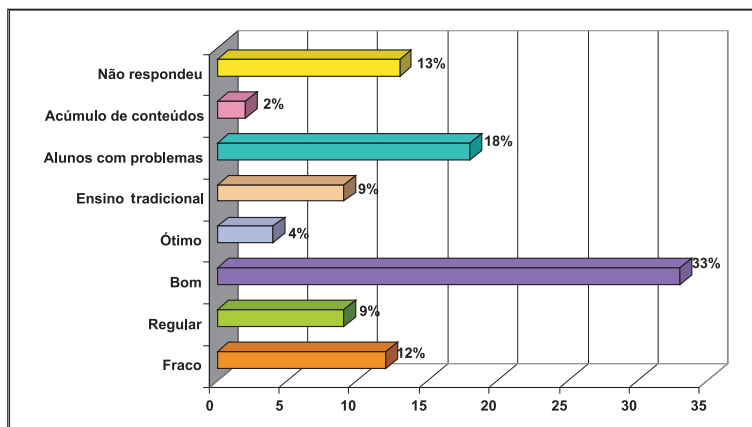


GRÁFICO 1 – Como está o ensino de Matemática na 16ª CRE.

Considerando o ensino da Matemática bom, havia 33% dos professores. Acrescentaram que nas escolas procuravam utilizar material diversificado para tornar o conteúdo o mais concreto possível, havia uma prática interdisciplinar e uma ligação da Matemática com a realidade. O item alunos com problemas, teve 18 % das respostas e trouxe muitos comentários. Tais como: dificuldades na aprendizagem devido à falta

de interpretação e raciocínio lógico por parte dos alunos; não gostam de pensar; não se concentram; não há retorno por parte dos mesmos; há, hoje, muitos alunos acomodados; dificuldade no entendimento dos conteúdos, falta de interesse e motivação; os educandos não estudam, pois as exigências são menores; estudam por obrigação para passar de ano porque não vêem ligação com a realidade. Treze por cento dos professores não responderam a questão.

No item fraco, 12% dos investigados, responderam simplesmente que o ensino da Matemática nas escolas da 16ª CRE estava fraco, sem fazer comentário. Achando que o ensino estava regular, havia 9% dos professores. Os comentários foram de que é preciso mudanças, pois quer-se que os estudantes avancem, não se importando a qualidade do aprendizado, mas sim com os índices de aprovação. Nove por cento responderam que o ensino era tradicional e comentaram que está longe do dia-a-dia, não se questiona a aplicação prática do conteúdo, pouco se trabalha a vivência do aluno. Neste item ainda, escreveram que o processo educativo dá muita ênfase à parte numérica e algébrica. No item ótimo, não foram feitos comentários e 4 % dos professores deram esta resposta. Apenas 2% dos professores acharam que há acúmulo de conteúdos.

Quanto ao acúmulo de conteúdos, que alguns professores citaram, D'Ambrósio escreveu que “ao invés de acúmulo de conteúdo deve-se dar ênfase ao desenvolvimento de atitude científica em relação a problemas, e de metodologia de coleta de informações que serão úteis, uma vez identificado o problema e definida a forma de atacá-lo” (1986, p.19). Ele acredita que é preciso haver interdisciplinaridade desde o início da formação do jovem e não reunir conhecimentos já cristalizados.

Nove por cento dos professores citaram que o ensino é tradicional. Segundo Bendez&Uacte (1990), a mudança do ensino tradicional deve se sustentar na psicologia evolutiva da aprendizagem, em uma sólida formação intelectual e sobretudo, em uma metodologia que, aplicando os processos da investigação científica, promova o raciocínio lógico e a criatividade no educando.

Propôs-se aos professores a seguinte questão aberta: Sobre a formação dos professores de Matemática de um modo geral, quais são os problemas enfrentados?

Representaram-se as respostas dessa questão no gráfico a seguir:

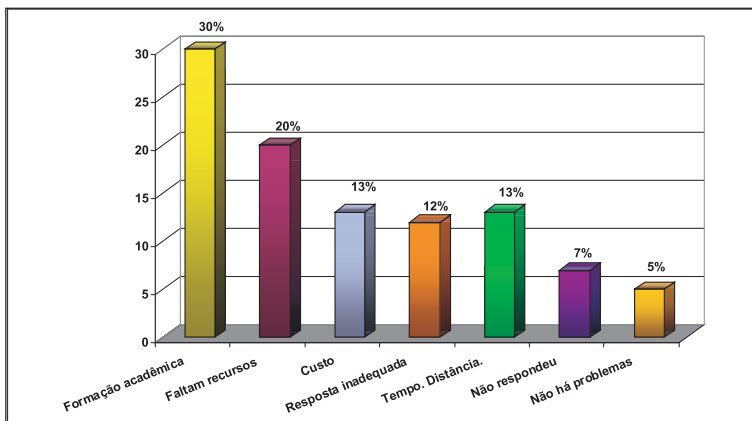


GRÁFICO 2 – Problemas na formação de professores.

As respostas foram agrupadas em 7 itens. O primeiro, com 30%, consideraram que a formação acadêmica não prepara os professores para lidar com o aluno e sim, com o conteúdo; estuda-se muita Matemática e deixa-se de lado o aluno, seus anseios, seus interesses, seus problemas, etc. Faltam professores qualificados. O problema está no curso de formação dos professores. O segundo item, com 20% das respostas, consideraram que faltam recursos. Entre eles, laboratórios de Matemática, livros e materiais diversos. Falta instrumentalizar o professor, falta prática, falta ligação entre a realidade do aluno e os conteúdos. O terceiro item, com 13% das respostas, agrupou idéias de professores que acharam o custo da graduação muito alto em relação aos demais cursos, pois não dá um retorno financeiro compensatório. O quarto item, de 12%, não responderam adequadamente. O quinto item, com 13% das respostas, consideraram que falta tempo, há poucos cursos de formação, a distância é grande entre a moradia do professor e o local onde são oferecidos os cursos. O sexto, 7% dos professores, não responderam a questão e, o sétimo, com 5%, escreveram não haver problemas na formação de professores.

Vinte e sete professores, ou seja, 30 % responderam que o problema da formação de professores estava no próprio curso. D'Ambrósio (1996) escreveu que a educação em geral enfrenta grandes problemas, e o que afeta particularmente a educação matemática é a maneira deficiente como se forma o professor. Destacou que há inúmeros pontos críticos na atuação do professor, que se prendem a deficiências na sua formação. Um dos pontos desta deficiência é a falta de preparação para conhecer o aluno.

D'Ambrósio (1986) escreveu como deveria ser o ensino universitário. O ensino de conteúdo matemático, segundo ele, deveria se limitar ao ensino de linguagem. Na verdade, linguagem que permita ter acesso ao conhecimento aprofundado e especializado, depositado em alguns bancos de conteúdo, dirigido essencialmente a um público que necessita de informação rápida e direta. Tal linguagem fundamental seria adquirida em pouco tempo, permitiria ao aluno identificar trabalhos, livros e

mesmo teorias onde tópicos que lhe seriam necessários poderiam ser encontrados. O autor luta contra a opinião de ter um tratamento rigoroso com a Matemática. Entende que sensibilidade para rigor matemático é algo que se adquire, que se sente após alguma vivência com Matemática. A ênfase estaria em despertar no estudante a curiosidade e espírito inquisitivo que, aliado ao gosto pelo assunto, o motivará a procurar tratamento mais aprofundado e mais rigoroso. O quanto de profundidade e de rigor é atingido no tratamento de qualquer assunto matemático, depende única e exclusivamente do indivíduo que está se exercitando na procura desse assunto. Não poderá ser determinado por condições externas, imposto por um currículo rígido. Superada a fase da linguagem, a ênfase na formação universitária passaria para o desenvolvimento da motivação, através de uma técnica de formular e identificar problemas. Uma terceira componente seria a metodologia de acesso à informação. Com este tripé, o autor acredita ter uma estrutura universitária adequada, e que permitiria colocar mais rapidamente e mais diretamente todo o conhecimento científico acumulado em milhares de anos, pelas várias culturas que hoje constituem o nosso patrimônio, a serviço para melhorar a qualidade de vida do homem.

Nogaro (1999) ressalta a crítica quanto à rigidez curricular e metodológica dos cursos de formação que impedem um maior entrelaçamento com a prática. Para tanto haveria a necessidade de se pensar em uma nova estrutura curricular, um novo “desenho” curricular. Ele afirma que a formação do professor tem início antes de seu ingresso nos cursos de preparação para o magistério e prossegue durante o exercício de sua prática profissional. Considera que os professores precisam, durante o curso de graduação e formação continuada, motivar-se e preparar-se para introduzir e implementar propostas inovadoras que permitam que seus alunos percebam a necessidade de continuar buscando e inovando sempre. O autor faz uso das palavras de Santos para concluir:

Em síntese, poderíamos dizer que a formação do docente pressupõe a reelaboração ou a recriação dos saberes dados pelos cursos, feita com bases nas experiências vivenciadas tanto como aluno, antes e durante o curso de formação inicial, como, também posteriormente adquiridas no desempenho da atividade profissional. (SANTOS apud NOGARO, 1999, p.25)

Após, solicitamos, com uma questão aberta, como poderiam ser resolvidos os problemas da questão anterior.

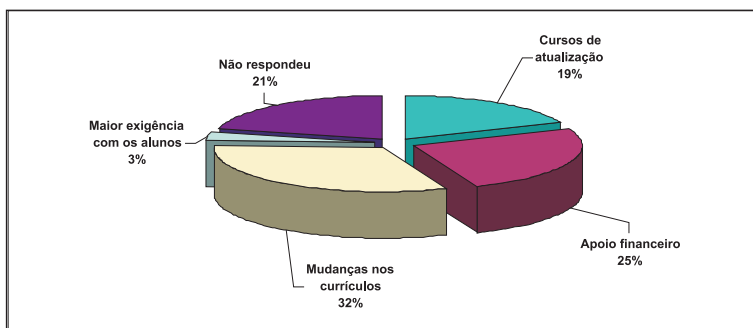


GRÁFICO 3 – Como resolver os problemas da formação de professores.

Trinta e dois por cento dos educadores responderam que deveria haver mudanças nos programas e currículos dos cursos de formação de professores e mudanças de disciplinas, nas Universidades. Escreveram que deveria existir um melhor preparo dos futuros professores. Na graduação, deveria haver mais prática durante os cursos para que houvesse maior segurança no futuro profissional, dever-se-ia trabalhar, com os professores, assuntos relacionados à sala de aula, visando uma melhor aprendizagem e maior interesse dos alunos e, as escolas, deveriam ser informatizadas. Vinte e cinco por cento responderam que é necessário apoio financeiro por parte do Estado para a qualificação de professores, disponibilidade de tempo e bolsas de estudo, cursos mais baratos, cursos gratuitos oferecidos pelas coordenadorias e maior valorização dos professores. Vinte e um por cento não responderam a questão e 19%, responderam que os problemas enfrentados na formação de professores poderiam ser resolvidos através de cursos, seminários, encontros com atividades diferentes daquelas aprendidas na faculdade; através de aperfeiçoamento específico na área da Matemática; da atualização; e grupos de estudo. Três por cento responderam que, atualmente, não há muita cobrança do aluno, as provas e os trabalhos são fáceis e sempre há recuperação. A solução seria, exigência maior do discente.

A seguinte questão, proposta no instrumento de pesquisa era: *Na sua opinião, os estudantes se sentem atraídos para estudar Matemática?* Havia as alternativas *sim* e *não* para serem assinaladas. Além disso, se fosse respondido a alternativa *não*, os professores deveria explicar, dizer o porquê.

Primeiramente, contabilizou-se quantas pessoas achavam que os estudantes se sentiam atraídos para estudar Matemática e quantas pessoas pensavam que não. No gráfico a seguir está a representação:

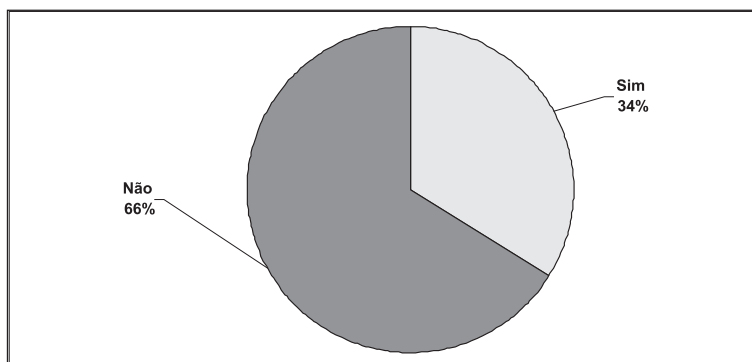


GRÁFICO 4 – Atração por parte dos estudantes para o estudo da Matemática.

Trinta e quatro por cento dos educadores responderam que os estudantes se sentiam atraídos para estudar Matemática e 66% responderam que não.

No sentido de entender o possível posicionamento dos professores, solicitou-se que explicassem a sua resposta.

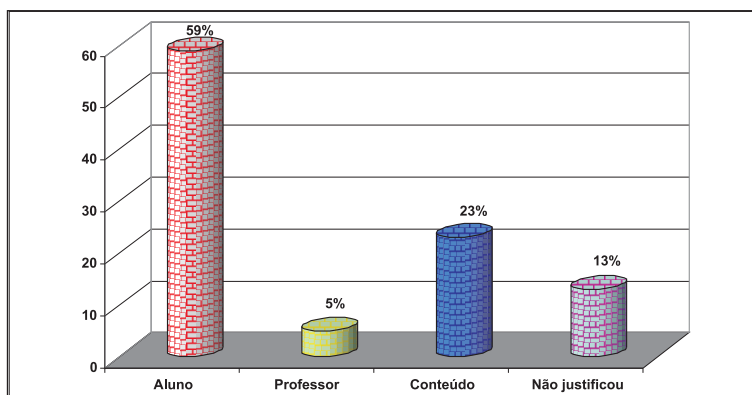


GRÁFICO 5 – Por que os estudantes não se sentem atraídos para estudar Matemática.

Das 60 pessoas que responderam *não* na pergunta anterior, 59% delas justificaram que a culpa por esse desinteresse pela Matemática é do aluno. Os estudantes em geral não estudam, não têm vontade, dizem que não entendem a matéria, não têm interesse e nem motivação, não se preocupam com os resultados, não percebem utilidade na matéria estudada, não querem repetir exercícios já que têm acesso à tecnologia. Escreveram também que falta acompanhamento familiar e falta base das séries iniciais. Vinte e três por cento responderam que o ensino está desvinculado da prática e o conteúdo fora da realidade, ou seja, distante do dia-a-dia dos alunos. Escreveram ainda que o currículo está desatualizado, que os livros didáticos trazem conteúdos “distantes” da realidade do

aluno e de difícil interpretação. Treze por cento dos educadores não justificaram a opção *não* e 5% culpam o professor, acrescentando que há falta de professores, permitindo que profissionais de outras áreas ministrem aulas de matemática.

A maioria dos professores respondeu que a culpa por essa falta de estímulo é do próprio aluno. O desestímulo pode gerar a repetência e a evasão. D'Ambrósio (1996) afirma que esse quadro é resultado do tipo de avaliação que temos hoje. A permanente modernização da gestão é fundamental e isso exige um permanente repensar dos parâmetros de avaliação para que ela possa aquilatar a efetividade do sistema no desenvolvimento da criatividade individual e social – o que inclui o exercício pleno da cidadania e o aprimoramento, material e moral, dos setores produtivos. Diz ainda que mecanismos de avaliação são necessários, mas é preciso evitar modelos classificatórios. Deve-se procurar instrumentos de outra natureza daqueles que vêm sendo erroneamente utilizados para testar alunos, tais como provas, exames, questionários e similares.

A seguinte questão do instrumento de pesquisa foi uma questão aberta onde buscou-se saber quais conteúdos de Estatística estavam incluídos no programa de Matemática, da(s) série(s) em que o professor trabalhava.

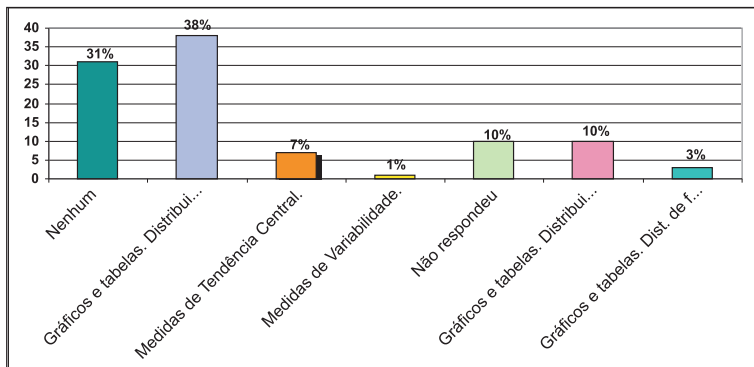


GRÁFICO 6 – Conteúdos de Estatística incluídos na série em que trabalha.

Muitos professores, ou seja, 38%, responderam que há no programa *Gráficos, Tabelas e Distribuição de Frequências*. 7%, responderam que há *Medidas de Tendência Central*. Outras, isto é, 1%, responderam que há *Medidas de Variabilidade*. Dez por cento não respondeu a questão e 31%, respondeu que não há conteúdo de Estatística no programa. Dez por cento, que há *Gráficos, Tabelas, Distribuição de Frequências e Medidas de Tendência Central*. Três por cento respondeu que há no programa *Gráficos, Tabelas, Distribuição de Frequências, Medidas de Tendência Central e Medidas de Variabilidade*.

Segundo Lopes,

A formação do educador matemático deve prever um processo de ensino e aprendizagem de conteúdos que ocorra através da resolução de problemas, simulações e experimentos, os quais permitam ao profissional construir conhecimentos à medida que estabelece relações com informações adquiridas e com o domínio de diferentes linguagens e formas de expressão. O que nos parece imprescindível é que esses profissionais tenham a possibilidade de participar de uma formação com as características defendidas por estes estudos, adquirindo um conhecimento profissional que lhes dê autonomia para definir por quê, quando e como se deve incluir Estocástica em suas aulas. (2006, p.13)

Segundo Saviani (2000) nós devemos ter objetivos claros e o principal deles é que os nossos alunos não sejam simples consumidores de conhecimento, mas que, principalmente, sejam produtores de conhecimento.

Na próxima questão, que também foi aberta, pediu-se como eram abordados os conteúdos de Estatística, no Ensino Fundamental e Médio, na(s) série(s) em que o professor trabalhava. As respostas foram bem interessantes. Elaborou-se a representação a seguir:

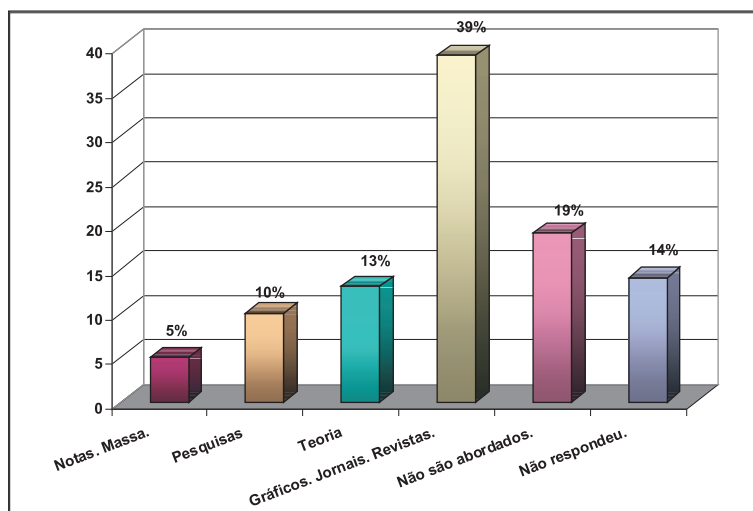


GRÁFICO 7 – Como são abordados os conteúdos de Estatística na(s) série(s) em que trabalha.

A maioria dos professores, 39%, abordavam os conteúdos de Estatística com gráficos, utilizando livros, jornais e revistas, fazendo uso de situações do dia-a-dia, através de problemas reais e com contextualizações. Treze por cento, faziam uso da teoria, da história, enfatizando a importância da Estatística e sua aplicabilidade nas

diferentes áreas do conhecimento. Dez por cento utilizavam pesquisas: pesquisas de rua, no meio onde vivem, em sala de aula ou na comunidade. Cinco por cento aproveitavam as notas dos alunos, as massas, ou utilizavam o número de alunos da turma para fazer as abordagens. Dezenove por cento dos professores disseram não fazer abordagens de conteúdos de Estatística e 14%, não responderam.

As situações do dia-a-dia, concretas e contextualizadas, trazidas pelos professores, são grandes oportunidades de se discutir Matemática. D'Ambrósio (1996) exemplifica: a construção de papagaios, de aviõezinhos de papel, resultados de jogo de futebol e, naturalmente, o noticiário econômico. Segundo ele, temos a possibilidade de recuperar a experimentação Matemática.

A maneira como é abordado um assunto, na maioria das vezes, faz com que a aprendizagem seja atrativa e significativa para o aluno, ou não. Segundo Coll:

...ao realizar aprendizagens significativas, o aluno constrói a realidade atribuindo-lhe significados. A repercussão da aprendizagem escolar sobre o crescimento pessoal do aluno é maior quanto mais significativa ela for, quanto mais significados permitir-lhe construir. Assim, o realmente importante é que a aprendizagem escolar – de conceitos, processos, valores – seja significativa. (2002, p.54)

A seguinte questão objetivava conhecer a opinião dos educadores em relação ao ensino da Estatística no Ensino Fundamental. Representou-se graficamente a opinião dos professores.

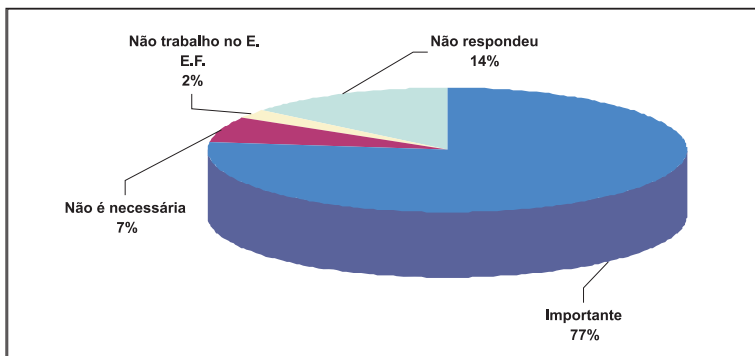


GRÁFICO 8 – Opinião sobre Estatística no Ensino Fundamental.

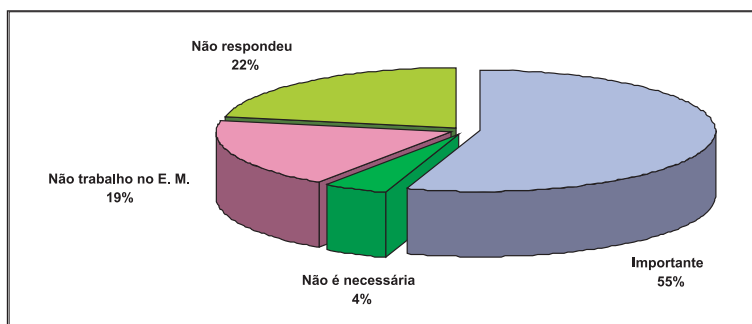
A grande maioria, 77%, achou que o ensino da Estatística é importante neste nível. Além de dar esta opinião, salientaram que: o aluno utiliza a Estatística no dia-a-dia; que é uma linguagem usada pelos meios de comunicação; é uma poderosa ferramenta para compreensão, análise e previsão de situações da vida; é necessária para fazer relações e para não sermos enganados por resultados manipulados; serve

para que o aluno faça interpretações, principalmente nos gráficos e histogramas. Escreveram também que, com a Estatística, ocorre a comparação e a pesquisa, a abertura de novos horizontes, o aluno adquire maior conhecimento e trabalha muitos conteúdos de Matemática de uma forma concreta, desenvolve o raciocínio lógico e é um tema que tem ligação com a prática. Na opinião desse percentual de professores, a Estatística é fundamental, pois permite interpretar de forma lógica a realidade em que vivemos; permite também, frente a um problema ou situação, analisar dados de uma pesquisa e chegar a uma solução coerente.

Poucos professores, 7%, responderam que a Estatística não é necessária, justificando que ela só confunde os alunos, pois estes não sabem fazer os cálculos básicos (as 4 operações).

Dois por cento dos educadores escreveram não trabalhar no Ensino Fundamental e 14%, não responderam.

Com a próxima questão do instrumento de pesquisa, procurou-se conhecer a opinião dos educadores em relação ao ensino da Estatística no Ensino Médio. As respostas são apresentadas graficamente, a seguir:



**GRÁFICO 9** – Opinião sobre Estatística no Ensino Médio.

Assim como na questão anterior, a maioria dos professores achou importante o ensino da Estatística. Cinquenta e cinco por cento das pessoas que responderam o questionário se colocaram a favor deste conteúdo dentro da Matemática e fizeram as seguintes considerações: a Estatística amplia a compreensão de mundo e o poder de decisão e, se o aluno souber interpretar corretamente os gráficos divulgados pela mídia, saberá ler a realidade; se souber comparar informações, caminhará para uma posição pessoal frente às mais diversas situações e construirá opinião própria e de qualidade. Salientaram ainda que a Estatística contribui para uma melhor formação do aluno; é essencial à atividade humana; ajuda a conhecer e analisar a realidade e faz com que os alunos tenham atitudes frente aos acontecimentos.

Quatro por cento dos professores escreveram que a Estatística não é necessária, 19%, não trabalhavam com Ensino Médio e, 22%, não responderam.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o ensino da Estatística possibilita ao aluno um conhecimento importante, que pode ser contextualizado e problematizado, pois faz uso de situações do dia-a-dia e dá significados à realidade. Mas há a necessidade do ensino da Estatística não vincular-se a definições restritas e limitadas, a simples coleta e organização e representação de dados porque inviabilizaria a formação de senso crítico. É preciso que a pesquisa tenha um sentido, que parta de uma problematização.

Não se nega hoje o papel importante da Estatística em nossa vida. Praticamente todas as pessoas fazem uso, em algum momento, de alguma parte deste assunto.

A maioria dos professores que responderam o instrumento de pesquisa, ou seja, 39%, abordam o conteúdo de Estatística fazendo uso de gráficos, utilizando livros, jornais e revistas e através de problemas reais. Trinta e dois por cento trabalham os conteúdos de Estatística utilizando, também, situações do dia-a-dia.

Sugere-se que a abordagem dos conteúdos de Estatística seja feita com situações atuais e com problematização, visto que esse conteúdo desenvolve no aluno a tomada de decisões, favorece a compreensão e a valorização da matemática como instrumento para compreender o mundo à sua volta. Desperta a curiosidade sobre fatos, faz com que o aluno compreenda gráficos, censos e pesquisas apresentadas no dia-a-dia. Ajuda resolver problemas, colabora na tomada de decisões e favorece o interesse pela informação disponível em jornais e revistas.

O conhecimento estatístico poderá viabilizar a compreensão das questões sociais, políticas e econômicas, desde que o ensino propicie chances para isso e não se configure como mais um momento de realizar cálculos e exercícios mecânicos e aplicação de fórmulas.

Uma escola onde todos são diferentes exige que cada professor seja flexível, inovador, proporcione atividades criativas que estimulem os alunos. Deve-se valorizar a cultura que cada um traz consigo e procurar trabalhar com isto.

Uma questão levantada na pesquisa foi a má formação dos professores. Uma proporção significativa, 32%, opinou que é preciso mudar os currículos das universidades. Além disso, escreveram que é necessário que haja mais apoio financeiro por parte dos governantes para a qualificação dos professores, disponibilidade de tempo e bolsas.

## REFERÊNCIAS

- BATANERO, C. Análise exploratória de dados nos cursos de segundo grau. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL “EXPERIÊNCIAS E EXPECTATIVAS DO ENSINO DE ESTATÍSTICA – DESAFIOS PARA O SÉCULO XXI”, 1999, Florianópolis. Atas. Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/cee/minicurso/CursoCarmenPortugues.html>>. Acesso em: 16 maio 2006.
- \_\_\_\_\_. *Los Retos de la Cultura Estadística*. In: JORNADAS INTERAMERICANAS DE ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA. Buenos Aires, 2002. Disponível em: <<http://www.ugr.es/~batanero/ListadoEstadistica.htm>>. Acesso em: 15 maio 2006.

- \_\_\_\_\_. *Significado Y Comprensión de Las Medidas de Posición Central*. 2000. Disponível em: <<http://www.ugr.es/~batanero/ListadoEstadistica.htm>>. Acesso em: 15 maio 2006.
- BENDEZ&UACTE, E. B. *Nuevo Sistema de Aprendizaje para la Matemática*. (1990) Disponível em: <<http://www.sectormatematica.cl/educmatem/nuevosist.htm>>. Acesso em: 1º mai. 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática, primeiro e segundo ciclo*. Brasília: 1997.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática, terceiro e quarto ciclo*. Brasília: 1998.
- CARVALHO, C. *Interação entre pares: Contributos para a promoção de desenvolvimento lógico e do desempenho estatístico, no 7º ano de escolaridade*. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001. Tese de doutoramento, Centro de Investigação em Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2001.
- COLL, C. *Psicologia e Currículo – uma aproximação pedagógica à elaboração do currículo escolar*. São Paulo: Ática, 2002.
- D'AMBRÓSIO, U. *Educação Matemática: da teoria à prática*. 6.ed. São Paulo: Papirus, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Da realidade à ação: reflexões sobre educação e matemática*. 4.ed. São Paulo: Summus, 1986.
- DEMO, P. *Educar pela pesquisa*. 5.ed. São Paulo: Autores Associados, 2002.
- DOLL Jr., W. E. *Currículo: uma perspectiva pós-moderna*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- FAZENDA, I. C. A. *Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia*. São Paulo: Loyola, 1993.
- FORQUIN, JC. *Escola e Cultura*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais*. Teoria e educação n.5, 1992, p.28-49.
- GRUNDY, S. *Curriculum: product or praxis*. Lewes: Falmer, 1987.
- LOPES, A. C.; MACEDO, E. (orgs.). *Disciplinas e integração curricular: história e políticas*. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.
- LOPES, C. A. E. *A Probabilidade e a Estatística no Ensino Fundamental: uma análise curricular*. Campinas: UNICAMP, 1998. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1998.
- \_\_\_\_\_. *A Estatística e a Probabilidade na Educação Básica e a Formação dos Educadores Matemáticos. III Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, São Paulo, 11 a 14 de out de 2006.
- MACHADO, N. J. *Ensaio Transversais: cidadania e educação*. São Paulo: Escrituras, 1997.
- PIRES, C. M. C. *Currículos de Matemática: da organização linear à idéia de rede*. São Paulo: FTD, 2000.
- SACRISTÁN, J. G. *O currículo: uma reflexão sobre a prática*. 3.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2000.

**Recebido em:** jun. 2007    **Aceito em:** ago. 2007

# Cidadania e educação ambiental: plantas medicinais no contexto escolar

Márcia Maria Mauli  
Andréa Maria Teixeira Fortes  
Fabiano Antunes

## RESUMO

A escola é o local onde se deve dar aos alunos as “ferramentas” para a construção da sua consciência cidadã, comprometidos com os seus direitos e deveres na sociedade. Buscando uma aplicação diferenciada de educação ambiental, realizou-se um trabalho com os alunos do 2º ano do ensino médio de um colégio particular, em Cascavel, PR. As atividades tiveram início com a aplicação de um pré-teste. Depois eles assistiram a uma palestra sobre o assunto, fizeram algumas atividades em grupo como pesquisas, exsiccatas, cultivo de canteiros, e, para finalizar, responderam a um pós-teste, para comparação dos resultados. Observou-se que o perfil conceitual dos alunos, ou seja, o relacionamento do conceito novo ao já aprendido se mostrou alterado com novos conhecimentos científicos amalgamados às suas pré-concepções. Como a formação é um processo contínuo, obteve-se de início a conscientização, que agora precisa ser cultivada.

**Palavras-chave:** Conscientização. Educação. Meio ambiente.

## Citizenship and environmental education: Medicinal plants in the school context

## ABSTRACT

School is the place which must give students the “tools” to build their citizen consciousness, commitments with their rights and duties in society. Searching for a differentiated application of environmental education, a project was done with 2<sup>nd</sup> year high school students of a private school in Cascavel, PR. The activities started with the application of a pre-test. Next, they watched a speech about the subject, did some activities in group like: researches, exsicate, the growth of flowerbeds, and to finalize, they answered a post-test, for the comparison of the results. It was observed that the conceptual profile of the students showed an alteration with new scientific knowledge amalgamated with their pre-conceptions. Because the upbringing is a continuous process, since the beginning there has been an awareness, which has to be planted now.

**Keywords:** Awareness. Education. Environment.

---

Márcia Maria Mauli é graduada em Ciências Biológicas/Licenciatura – UNIOESTE – *campus* Cascavel.  
Andréa Maria Teixeira Fortes é professora adjunta – UNIOESTE – *campus* Cascavel.  
Fabiano Antunes é professor – Colégio Marista de Cascavel.

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 91-107	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

# 1 INTRODUÇÃO

Cidadania engloba uma série de direitos, deveres e atitudes relativas ao cidadão, como um indivíduo que estabeleceu um contrato com seus iguais para utilização de serviços em troca de pagamento (taxas e impostos) e de sua participação, ativa ou passiva, na administração comum. Cidadania pressupõe o pagamento de impostos, mas também a fiscalização de sua aplicação; o direito a condições básicas de existência como comida, roupa, moradia, educação e atendimento de saúde, acompanhado da obrigação de zelar pelo bem comum. Entretanto, funcionalmente, cidadania é considerada qualquer atitude do cotidiano que esteja relacionada à manifestação de consciência e de responsabilidade coletiva. Exercer cidadania é, portanto, segundo Pinski (1998), tanto votar como não sujar a cidade, respeitar o pedestre na faixa de trânsito ou controlar a emissão de ruídos.

A educação ambiental como formação e exercício da cidadania, refere-se como uma nova forma de encarar a relação do ser humano com a natureza, baseada numa nova ética, que pressupõe outros valores morais e uma forma diferente de ver o mundo e os seres humanos (JACOBI, 2003).

O ser humano faz parte de uma sociedade organizada, concorda Viana (2000), sua relação com a natureza é parte integrante da cultura desenvolvida e praticada no meio em que vive. A natureza não deve ser vista pelo ser humano como objeto de manipulação e sim como veículo de aprendizagem, onde preservar o meio ambiente é sinônimo de responsabilidade e crescimento.

A Organização Mundial da Saúde estima que mais de 365.000 espécies de plantas já foram catalogadas, o que corresponde a cerca de 60% das espécies existentes, e que somente cerca de 1.100 espécies foram estudadas em suas propriedades medicinais. Na velocidade em que ocorre o fenômeno de extinção, um enorme número de plantas com propriedades medicinais corre o risco de desaparecer antes de seu valor ser reconhecido; o que torna ainda mais urgente intensificar os estudos e também a conscientização nessa área (GARCIA et al., 2005).

É fundamental a escola valorizar o saber popular como forma de incentivar e de abrigar a participação da comunidade e principalmente dos alunos. Segundo Achcar (2004), eles tornam-se mais seguros com assuntos que fazem parte de seu cotidiano, reconhecem sua cultura, fortalecem sua identidade, envolvem-se e manifestam-se muito mais. Busca-se, de acordo com Mortimer (1996), um modelo alternativo para compreender as concepções dos estudantes dentro da sala de aula, ou seja, a chamada noção de perfil conceitual, a qual permite entender a evolução das idéias dos alunos em sala de aula, não substituindo as idéias prévias por científicas, mas fazendo com que as novas idéias adquiridas passem a conviver com as anteriores, e sejam empregadas no contexto conveniente.

O uso de plantas medicinais teve seu início provavelmente na pré-história. O ser humano primitivo, assim como os animais iniciaram as “práticas de saúde”, alimentando-se de determinadas plantas, pelo instinto de sobrevivência. Com isto

poderiam ter observado determinados efeitos para minimizar suas enfermidades, acumulando conhecimentos empíricos que foram passados de geração para geração. O acúmulo destas informações pelo ser humano primitivo propiciou o nascimento de uma cultura da arte de curar, que se tornou a base para o nascimento da medicina (MARTINS et al., 2000).

As principais razões que impulsionam o grande crescimento do uso de plantas medicinais são: a valorização de uma vida de hábitos mais saudáveis e, conseqüentemente, o consumo de produtos naturais; os evidentes efeitos colaterais dos medicamentos sintéticos; a descoberta de novos princípios ativos nas plantas; a comprovação científica de fitoterápicos; e o preço que, de maneira geral, é mais acessível à população com menor poder aquisitivo (SOUSA; MIRANDA, 2005).

A utilização inadequada dos fitoterápicos, como a automedicação, pode trazer uma série de efeitos colaterais (PASSOS et al., 1999). Intoxicações ocorrem, quase sempre, devido ao uso de quantidades excessivas de determinadas plantas, do preparo e uso inadequados, assim como o uso de plantas com efeitos tóxicos. O indicado, na dúvida sobre o uso de uma planta, é que se procure orientação de um profissional que trabalhe com plantas medicinais (MARTINS et al., 2000).

## **2 METODOLOGIA**

O trabalho foi realizado em um colégio particular, localizado na região central de Cascavel, Paraná, com as três turmas da 2<sup>a</sup> série do ensino médio.

O projeto foi dividido em seis fases:

Na primeira fase, os alunos receberam um pré-teste ou questionário inicial, para levantamento dos seus conhecimentos e suas dúvidas sobre as plantas medicinais, as quais serviram para elaboração da palestra ministrada posteriormente.

Na segunda fase, os alunos, em cada uma das três turmas, foram divididos em oito grupos de cinco pessoas, totalizando 24 grupos, os quais ficaram encarregados de preparar um trabalho que foi apresentado para a sala, na forma de *site*. Cada grupo trabalhou com uma planta medicinal diferente, escolhida por eles.

Num terceiro momento, foi apresentada uma palestra, elaborada segundo as informações obtidas com o questionário, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre esse assunto, levando aos alunos um pouco do histórico das plantas medicinais, seus benefícios, as precauções necessárias para utilizá-las, entre outras coisas. Foi focado também nesta palestra, algumas informações básicas sobre as plantas que foram utilizadas para preparar o canteiro.

Na quarta fase, foram preparados canteiros, um por turma (três no total), onde cada um dos oito grupos plantou uma planta medicinal (oito plantas diferentes por canteiro), já exposta aos alunos na palestra. Cada turma ficou então responsável por um canteiro.

Na quinta fase do projeto, os alunos confeccionaram exsicatas com algumas plantas usadas na montagem do canteiro, permitindo que sejam devidamente conservadas e organizadas no laboratório do colégio. As plantas secas e identificadas foram guardadas no laboratório, dando início ao herbário do colégio ficando a disposição dos alunos para estudos e consultas.

Na sexta e última fase, os alunos receberam novamente um questionário (pós-teste ou questionário final) para avaliar o resultado do trabalho.

Os questionários iniciais e finais foram avaliados para verificação da presença ou não de mudanças significativas no conteúdo das respostas, demonstrando se houve efeito do trabalho.

As respostas das questões abertas dos questionários foram agrupadas segundo a sua proximidade. Já nas questões objetivas, cada alternativa foi avaliada separadamente, contabilizando a frequência em que foram assinaladas. Posteriormente as respostas foram analisadas em triangulação, ou seja, quando a partir de dois ou mais instrumentos avaliativos fazemos nossas análises, ou, segundo Glazier, (1992) empregar métodos diferentes de coleta dos mesmos dados e comparar os resultados para obter uma melhor conclusão, comparando-se o pré e o pós-teste.

As respostas foram plotadas em gráficos e tabelas para uma melhor comparação e avaliação das diferentes respostas.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Seguindo os questionários aplicados para os alunos, as respostas foram organizadas e analisadas separadamente.

### **3.1 Questões não comparativas para fundamentação da palestra**

Algumas questões do pré-teste tiveram como objetivo apenas levantamento de dúvidas e conhecimento dos alunos a respeito do assunto para posterior montagem da palestra, não tendo objetivos comparativos, portanto, não aparecem no pós-teste.

Além dessas questões, levou-se em consideração também as demais respostas do pré-teste para fundamentação da palestra.

Na questão “Você (ou sua família), já usou alguma(s) planta(s) medicinal (ais) como medicamento? Qual (ais)?”, buscava-se saber se o aluno conhecia algumas plantas medicinais e se tinha o costume de utilizá-las.

TABELA 1 – Respostas correspondentes à terceira questão, no pré-teste: Você (ou sua família), já usou alguma(s) planta(s) medicinal (ais) como medicamento? Qual (ais)?

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Boldo	27
Camomila	29
Alho	6
Babosa	10
Erva-cidreira	15
Macela	12
Hortelã	4
Não	2

Observou-se que apenas cerca de 2% nunca usaram nenhum tipo de planta medicinal. Dentre os que já usaram, as plantas mais citadas foram o boldo, a camomila, a erva-cidreira e a macela, sendo que cada aluno poderia citar mais do que uma planta.

Confirma-se a idéia de Passos et al. (1999) de que grande parte da população já fez uso de algum tipo de planta medicinal buscando aliviar algum sintoma doloroso ou desagradável. Além disso, lembra Sousa; Miranda (2005), a necessidade de uma vida de hábitos mais saudáveis tem levado muitas pessoas a buscar esse tratamento alternativo.

Percebe-se que o uso de plantas medicinais não se restringe apenas às classes mais baixas, ou às pessoas mais idosas. Hoje, encontra-se como tratamento alternativo em praticamente todas as classes sociais e diferentes idades, indicando o crescimento da utilização dessas plantas mesmo com a grande variedade de medicamentos alopáticos disponíveis.

Na questão “O uso foi recomendado por alguém?”, esperava-se saber por indicação de quem o aluno chegava a utilização da planta.

TABELA 2 – Respostas correspondentes à quarta questão, no pré-teste: o uso foi recomendado por alguém?

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Parente	53
Amigo	15
Médico	9
Revistas	1
Vizinhos	8
Farmácia	4
Livros medicinais	2

Observou-se que, normalmente, quem indica a utilização da planta são os parentes, depois vêm os amigos. Analisando as respostas, percebe-se que a utilização se baseia, em sua grande maioria, apenas na cultura popular, o que pode levar a equívocos que poderão trazer prejuízos à saúde.

Deve-se ter muito cuidado ao indicar uma planta ou passar uma receita de um livro onde não há o desenho ou o nome em latim, pois o nome popular pode variar de um lugar para outro (GRUPO PET, 2005).

A questão “Com que frequência você utiliza ou utilizou essas plantas?” teve o objetivo de conhecer a frequência de contato do aluno com as plantas medicinais.

TABELA 3 – Respostas correspondentes à quinta questão, no pré-teste: Com que frequência você utiliza ou utilizou essas plantas?

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Todos os dias até sarar	13
Freqüentemente	34
Pouca freqüência	18
Raramente	10

Percebemos que muitos alunos usam freqüentemente plantas medicinais. Percebemos também, que alguns usam a planta até desaparecerem os sintomas, podendo chegar ao uso excessivo, e que poderia levar a efeitos não desejados.

Os fitoterápicos são seguros, normalmente, quando ingeridos na dose correta, porém, também é preciso levar em conta a hipersensibilidade individual. A utilização inadequada dos fitoterápicos pode trazer uma série de efeitos colaterais (LORENZI; MATOS, 2002).

A frequência de utilização da planta medicinal reflete também a sabedoria popular, que acredita que “quanto mais, melhor”. Entretanto, a quantidade e a frequência ideais são muito importantes para se obter o resultado esperado.

A educação ambiental, apresentada nas escolas, se faz componente de uma cidadania abrangente e mostra sua importância quando ligada a uma nova forma de relação do ser humano com a natureza e a sua dimensão cotidiana (JACOBI, 2003).

Desta forma, coloca-se a importância da educação ambiental presente em todas as disciplinas, para que essa relação ser humano natureza seja trabalhada desde cedo nas escolas, sendo o início da conscientização dos alunos como cidadãos envolvidos, de maneira saudável, com o meio em que vivem.

Na questão “Agora relacione essa(s) planta(s) utilizada(s) com a doença ou sintoma a ser combatido e informe ainda se você acredita que esta planta tem poder medicinal” o objetivo era descobrir se o aluno sabe a ação da planta que está utilizando ou que utilizou e se realmente acredita que possa ter efeito benéfico.

TABELA 4 – Respostas correspondentes à sexta questão, no pré-teste: Agora, relacione essa(s) planta(s) utilizada(s) com a doença ou sintoma ser combatido e informe ainda se você acredita que esta planta tem poder medicinal.

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Boldo – dores de cabeça, estômago e barriga	21
Camomila – dores abdominais, de cabeça, calmante, gripe e abdominais	20
Alho – gripe, asma	5
Erva-cidreira – dores abdominais, gripe, calmante	7
Guaco – gripe	4
Macela – dores abdominais, mal-estar	6
Não tem poder medicinal	8
Não responderam	34

Essa questão, muitos alunos não responderam, o que indica a falta de conhecimento da planta utilizada, ou ainda que não foi o próprio aluno que fez uso da planta.

É fundamental valorizar o saber popular, reconhecer a cultura, mas o ideal é trabalhar com as duas visões, a popular e a científica, da mesma maneira (ACHCAR, 2004). Muitas vezes as receitas são repetidas dentro da família e vão sendo passadas de gerações a gerações, e o tempo vai se incumbindo de deformá-las. Assim como os nomes vulgares podem confundir, pois variam de uma região para outra, mesmo se tratando de uma mesma espécie botânica (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005).

Devem ser considerados, ainda, os modismos que se infiltram nas sociedades através da mídia, levando aos adeptos da medicina natural receitas mágicas (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005).

Muitas vezes, as pessoas usam a planta apenas porque um parente ou amigo indicou, ou porque o uso de determinada planta está na moda, como chás emagrecedores, por exemplo. Entretanto, não conhecendo os verdadeiros potenciais da planta, correm o risco de não ter a resposta esperada.

Na questão “Assinale as formas de preparo e ou utilização dessas plantas” desejava saber o conhecimento deles sobre as maneiras corretas de preparo das plantas.

TABELA 5 – Respostas correspondentes à sétima questão, no pré-teste: Assinale as formas de preparo e ou utilização dessas plantas.

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Chá	58
Óleos	9
Xarope	24
Banho	9
Compressa	10
Pomada	14
Suco	15
Inalação	19
Infusão	7
Gargarejo	15
Diluição	8
Cataplasma	6
Maceração	5
Incineração	1

Quanto às formas de uso, apenas três não estavam corretas, dentre elas foram assinaladas diluição e incineração. A utilização mais assinalada foi a forma de chá. Muitas das demais também foram assinaladas, mas o que percebeu-se no decorrer do trabalho é que não sabiam a qual seria mais correta para cada planta ou parte dela.

A forma de uso é muito importante, pois pode determinar se a planta terá ou não o efeito positivo no tratamento. Para cada tipo de material vegetal, há uma forma de preparo que é mais adequada e eficaz (MARTINS et al., 2000).

Percebe-se que a maioria das pessoas utiliza a forma mais comum de preparo, não buscando saber se essa é realmente a correta para a planta, ou parte dela, que está sendo utilizada. Esse comportamento influencia na eficiência de extração dos princípios ativos desejados.

A cidadania e a educação ambiental devem ser trabalhadas juntas, assim se torna função educativa da escola induzir ações que possibilitem aos alunos a aquisição de conhecimentos e valores para a formação de atitudes de cidadania voltadas para a educação ambiental (FRITZSONS; MANTOVANI, 2004).

### 3.2 Questões de alternativas comparadas

Nesta questão, no questionário inicial, os alunos assinalaram os locais onde adquiriam as plantas a serem consumidas. No questionário final, eles assinalaram segundo o que achavam correto para aquisição.

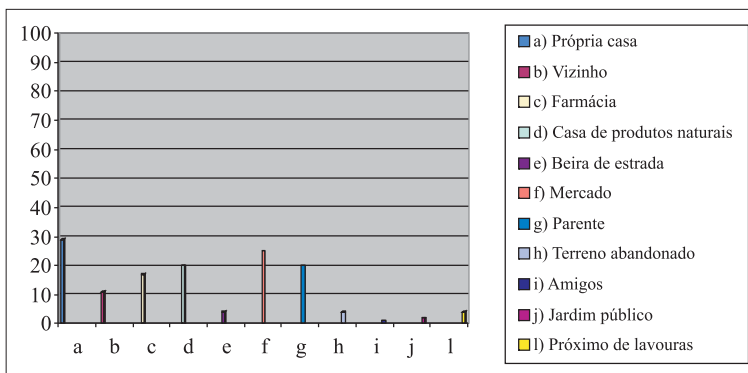


FIGURA 1 – Respostas correspondentes à nona questão, no pré-teste: onde você obteve a planta?

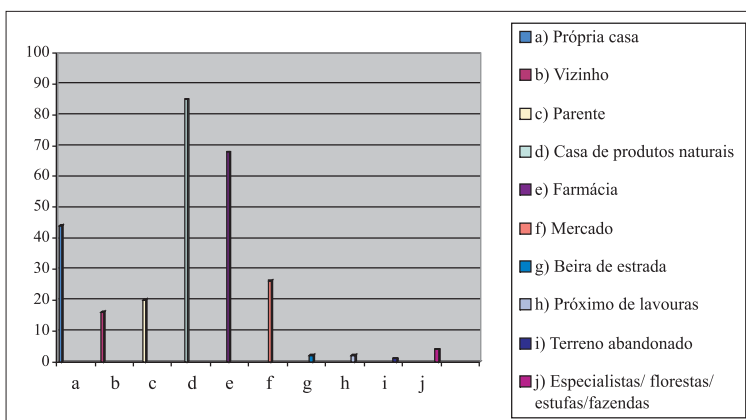


FIGURA 2 – Respostas correspondentes à quinta questão, no pós-teste: qual(ais) o(s) local(ais) correto(s) para obtenção das plantas medicinais?

Analisando as respostas do pré-teste, verificamos que todas as alternativas foram assinaladas; entretanto, tiveram maior intensidade “Própria casa” e “Mercado”. Foram assinaladas também alternativas como “Beira de estrada”, e “Próximo de lavouras” que são locais não recomendados para coleta e que podem estar influenciando na ação da planta. Já quando observamos o pós-teste, percebemos que os alunos entenderam a importância da aquisição das plantas em locais idôneos e de preferência com profissionais especializados.

Fica clara a conscientização dos alunos quanto aos locais corretos de aquisição das plantas. Muitos alunos acreditavam que, por serem plantas, podiam ser coletadas em qualquer local sem maiores problemas.

Nesse ponto, lembramos a necessidade de se trabalhar com a visão popular e a científica ao mesmo tempo. Porque muitos conceitos e crenças populares não levam

em consideração cuidados que são importantes e que a ciência vem descobrindo. Essa junção pode e deve se dar nas escolas.

Não se trata de hostilizar o conhecimento popular na escola; o que se deve fazer é proporcionar outras formas de conhecimento que constituam explicações alternativas (BIZZO, 2002).

Na questão, “As plantas medicinais, se usadas de maneira inadequada, podem ser tóxicas?”, os alunos deveriam marcar a alternativa sim, se achassem que as plantas medicinais também podem ser tóxicas, ou não, se assim fosse a sua opinião.

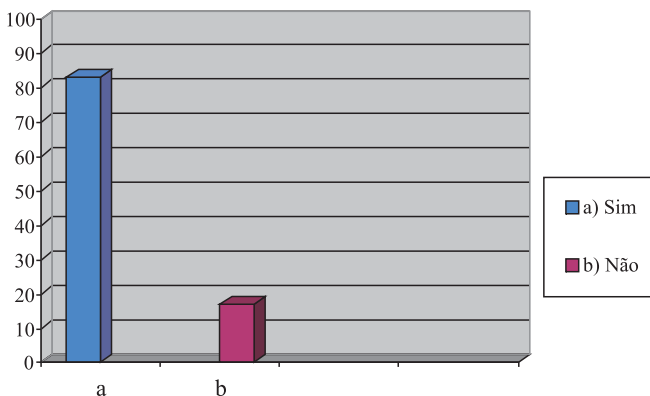


FIGURA 3 – Respostas correspondentes à décima questão, no pré-teste: as plantas medicinais, se usadas de maneira inadequada, podem ser tóxicas?

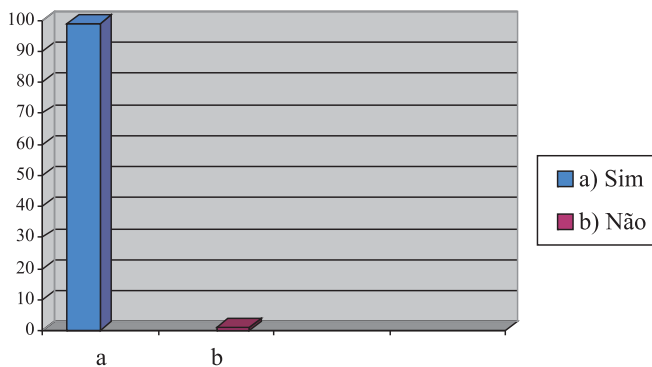


FIGURA 4 – Respostas correspondentes à sexta questão, no pós-teste: as plantas medicinais, se usadas de maneira inadequada, podem ser tóxicas?

Observamos que muitos não sabiam que as plantas medicinais podem ser tóxicas. É o que se percebe analisando que quase 20% dos alunos assinalaram “não” no pré-teste, e apenas 1% no pós-teste.

O indicado, na dúvida sobre o uso de uma planta, é que se procure orientação de um profissional que trabalhe com plantas medicinais (MARTINS et al., 2000).

Analisando as respostas obtidas, percebe-se que ainda hoje as pessoas acreditam que, por serem plantas, não precisam de maiores cuidados e orientações, pois não farão mal algum. E é devido a esse tipo de comportamento que acabam ocorrendo graves intoxicações. A busca por informações que tornem o uso mais seguro é direito e dever de cada cidadão.

### 3.3 Questões abertas comparadas

Nessa questão, “O que você entende por plantas medicinais?” os alunos estavam livres para expressarem o que sabiam a respeito das plantas medicinais.

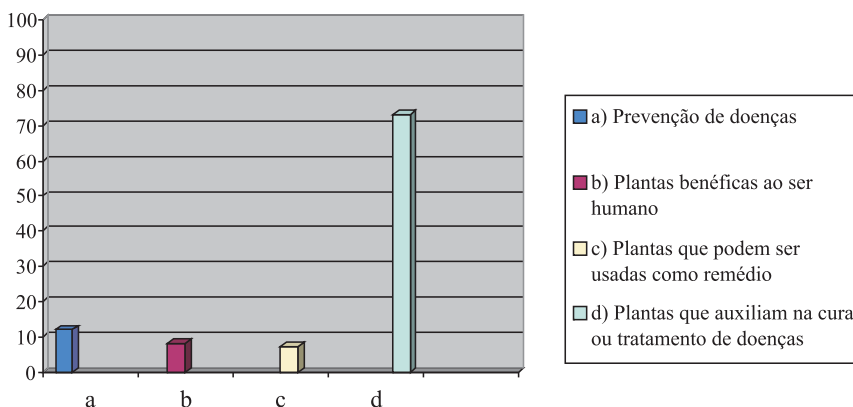


FIGURA 5 – Respostas correspondentes à primeira questão, no pré-teste: o que você entende por plantas medicinais?

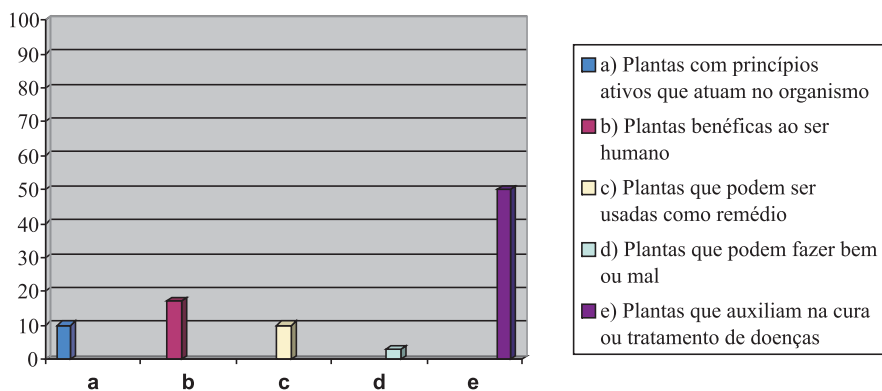


FIGURA 6 – Respostas correspondentes à primeira questão, no pós- teste: o que você entende por plantas medicinais?

É perceptível que os alunos já tinham noção do que é uma planta medicinal. Entretanto, depois das atividades desenvolvidas, as respostas (no pós-teste) tornaram-se mais fundamentadas, mais abrangentes, indicando a aquisição de conhecimento.

O conhecimento é transmitido em situações entre gerações, que tenham contato prolongado dos membros mais velhos com os mais novos. A difusão oral de informação é o principal modo pelo qual o conhecimento é perpetuado (SOUSA; MIRANDA, 2000).

O conhecimento que se tem, normalmente, sobre plantas medicinais, refere-se ao contato com parentes, vizinhos, amigos, etc. Por esse motivo, é que se encontram superficialmente conhecidas. Difícilmente, nesses casos, busca-se um aprofundamento no assunto, o que pode levar tanto à falta de credibilidade na eficácia das plantas medicinais, quanto a sua má utilização.

Mais uma vez, observa-se a falta da união da cultura popular com a pesquisa científica. Uma união que pode ter muito sucesso e que deve ser aproveitada pelas escolas na formação dos seus alunos.

Bizzo (2002) afirma que não existe contradição entre o conhecimento popular e o científico, e que não dá para dizer que um está correto e o outro errado em termos absolutos. Eles estão interligados e precisam ser analisados juntos.

Nesta questão, “Você acredita que as plantas medicinais têm ação benéfica no tratamento de doenças (ação fitoterápica)?” os alunos foram convidados a responder se acreditam realmente na ação fitoterápica das plantas medicinais.

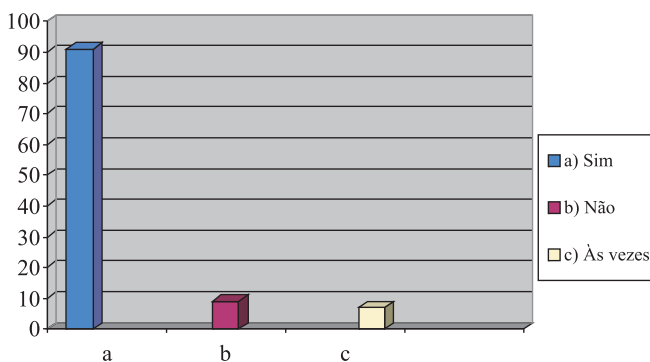


FIGURA 7 – Respostas correspondentes à segunda questão, no pré-teste: você acredita que as plantas medicinais têm ação benéfica no tratamento de doenças (ação fitoterápica)?

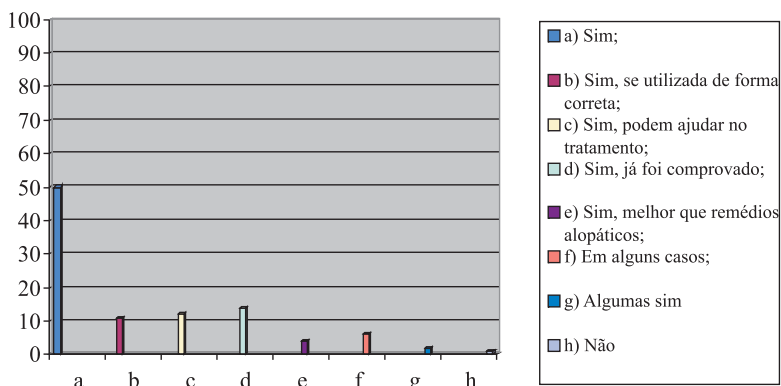


FIGURA 8 – Respostas correspondentes à segunda questão, no pós-teste: você acredita que as plantas medicinais têm ação benéfica no tratamento de doenças (ação fitoterápica)?

No pré-teste, a maioria dos alunos respondeu “sim”, e em torno de 10% responderam “não”, alguns acreditam apenas na eficácia de algumas plantas ou em alguns tratamentos. Porém, no pré-teste, não tinham o embasamento que se percebe ao analisar o pós-teste, onde eles conseguem justificar a sua resposta.

Martins et al. (2000) afirmam que o uso das plantas medicinais, quando feito com critério, só tem a contribuir para a saúde de quem o pratica.

Confirma-se novamente a questão da superficialidade de informações. A maioria dos alunos usa plantas medicinais. Alguns acreditam na ação benéfica da planta, outros, citam que acreditam apenas em alguns tipos de tratamento. Entretanto, percebe-se que eles não têm embasamento científico que confirme a ação da planta que está sendo utilizada.

Desde cedo, a criança recebe das gerações adultas ações educativas, pela família e pela escola. São ações formais e informais intimamente relacionados com os valores culturais da sociedade a qual o indivíduo pertence (TORRES; BOCHNIACK, 2003). Essas informações vão fazer parte da formação dessa criança, interferindo diretamente nas suas atitudes, auxiliando no caminho da construção da pessoa como cidadã.

Nessas questões os alunos foram questionados com relação ao embasamento científico. No pré-teste, os alunos responderam se procuravam alguma base científica antes da utilização da planta. E no pós-teste, se eles achavam importante e o que indicariam.

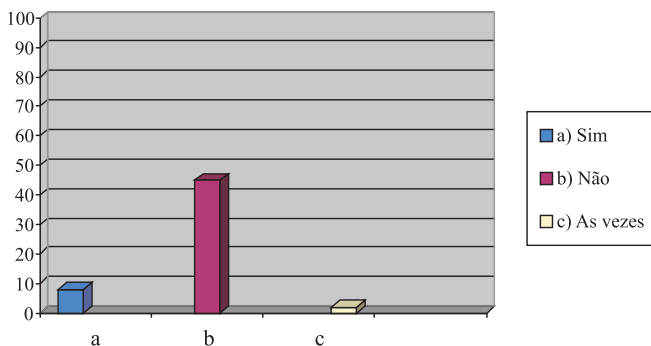


FIGURA 9 – Respostas correspondentes à oitava questão, no pré-teste: você procurou uma base científica que confirmasse a ação desta planta? Qual?

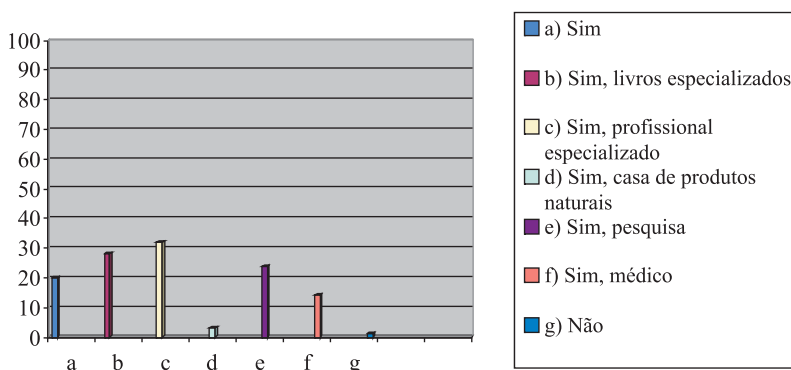


FIGURA 10 – Respostas correspondentes à quarta questão, no pós-teste: é importante buscar uma base científica que confirme a ação da planta a ser utilizada? O que você indicaria?

Observa-se que normalmente os alunos não procuram uma base científica que confirme a ação da planta que está sendo utilizada e, dentre os que procuram, foram citados livros medicinais. No pós-teste, quando questionados sobre a importância dessa busca, fica claro que eles entenderam a necessidade da certificação da planta antes de ser utilizada e da busca em locais seguros, porque as alternativas que mais foram citadas são: profissional especializado, livros especializados e pesquisas a respeito da planta antes de ser utilizada.

A produção do material científico deve ter uma utilidade maior do que parar nas prateleiras e livrarias, e sim ter um uso aplicado a favor do reconhecimento deste saber local, influenciando as políticas ambientais para este fim (SOUSA; MIRANDA, 2000).

Normalmente os que não procuram base científica para confirmar a ação das plantas baseiam-se somente na troca de informações com parentes, amigos, etc. Esse tipo de informação deve também ser levado em conta, entretanto, não é o suficiente, é necessária uma busca científica contando com os recursos disponíveis, para que se

tenha uma maior segurança do que está sendo utilizado. E, analisando os resultados, percebe-se que os alunos entenderam essa necessidade.

### **3.4 Questões abertas, presentes apenas no pós-teste, não comparadas**

Essas questões apareciam somente no pós-teste, com o objetivo de auxiliar na verificação do que os alunos aprenderam do trabalho.

Neste caso estavam livres para responder com relação à quais influências externas podem interferir na ação das plantas medicinais.

TABELA 6 – Respostas correspondentes à terceira questão, no pós-teste: quais as causas que podem alterar a ação das plantas medicinais?

<b>Respostas</b>	<b>Número de vezes que foi mencionada</b>
Contaminação	32
Contaminação	6
Coleta	26
Higiene	2
Armazenagem	9
Uso incorreto	56
Doenças da planta	2
Cultivo inadequado	9
Não sei	6

Observa-se que os alunos citaram vários itens que podem estar interferindo na ação das plantas, a maioria mencionou mais de um item, dentre elas as mais citadas foram: uso incorreto e contaminação.

As plantas medicinais devem ser adquiridas, preferencialmente, por pessoas ou firmas idôneas que possam dar garantia da qualidade e da identificação correta (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005).

Observa-se que os alunos entenderam que existem muitos fatores externos que podem estar influenciando na ação das plantas medicinais no nosso organismo, por isso a necessidade de adquiri-las em locais seguros.

Nessa questão, os alunos foram convidados a expressar suas idéias sobre as vantagens da utilização das plantas medicinais. Cada aluno estava livre para expor quantas alternativas desejasse. Podemos perceber que o que mais foi citado são as alternativas: tratamento natural e menor custo.

TABELA 7 – Respostas correspondentes à sétima questão, no pós-teste: quais as vantagens de se utilizar plantas medicinais?

Respostas	Número de vezes que foi mencionada
Trazem benefícios a saúde	5
Tratamento natural	57
Fácil acesso	8
Menor custo	33
Mais saudável	8
tratamento de doenças	15
Menores efeitos colaterais	15

São muitos os fatores que vem colaborando no desenvolvimento de práticas de saúde que incluam plantas medicinais, principalmente econômicos e sociais (MARTINS et al., 2000).

Observa-se que os alunos perceberam que existem vários benefícios quando se utilizam adequadamente as plantas medicinais. A idéia que muitos tinham era de que o uso dessas se tratava apenas de cultura popular, e, depois do presente trabalho, percebe-se que eles conseguem definir uma série de vantagens trazidas por elas, sem esperar por curas ou milagres.

O desafio do fortalecimento da cidadania para a população como um todo, e não para um grupo restrito, concretiza-se pela possibilidade de cada pessoa ser portadora de direitos e deveres, e de se tornar, portanto, cidadão co-responsável na defesa da qualidade de vida (JACOBI, 2003).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse trabalho desejou-se levar os alunos a perceberem a relação ser humano meio ambiente como veículo de aprendizagem e formação da consciência cidadã. O conteúdo abordado no presente trabalho (Plantas Medicinais) é um assunto que faz parte do cotidiano do ser humano desde as antigas civilizações e que vem tomando força com o aumento da necessidade de se adotar uma vida mais saudável.

Lembrando que cidadania é um processo, concordo com Antunes (2002): “uma semente foi plantada em cada aluno. Algumas já dão sinal de crescimento, mas não seria justo exigir que todas brotem ao mesmo tempo”.

## REFERÊNCIAS

ACHCAR, T. *Ciência e saber popular de mãos dadas*. Disponível em: <[www.novaescola.abril.com.br/noticias/out\\_04\\_29](http://www.novaescola.abril.com.br/noticias/out_04_29)>. Acesso em: 20/02/05.

ANTUNES, F. “Biologia e Cidadania” – Desenvolvimento do Pensamento Crítico Através dos Conteúdos de Saúde. Cascavel. Monografia (Conclusão de Curso) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel. 2002. 35p.

BIZZO, N. Ciências: fácil ou difícil? São Paulo: Ática, 2002. 143p.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. A Educação Ambiental e a Conservação da Natureza, 2004. Disponível em: GARCIA, E. S.; SILVA, A. C. P.; GILBERT, B.; CORRÊA, C. B.; CAVALHEIRO, M. V. S.; SANTOS, R. R.; TOMASSINI, T. Biodiversidade: perspectivas e oportunidades tecnológicas. Fitoterápicos. Base de Dados Tropical (BDT). Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br/publicacoes/padct/bio/cap10>. Acesso em: 06/07/05.

GLAZIER, J. D.; POWELL, R. R. Qualitative research in information management. Englewood, CO: Libraries Unlimited, 1992. 238p.

GRUPO PET-FARMÁCIA UFPB. Os dez mandamentos para o bom uso das plantas medicinais. Disponível em: <http://www.ccs.ufpb.br/pet-farmacia/dezmand.htm>. Acesso em: 10/05/2005.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cad. Pesq. mar. 2003, n.118, p.189-26. ISSN 0100-1574.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

MARTINS, E. R. et al. Plantas Medicinais. Viçosa: UFV, 2000. 220p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Investigações em ensino de ciências. UFRGS, v.1, n.1, p.20-39, 1996.

PASSOS, J. B. et al. Identificação dos medicamentos convencionais e de plantas medicinais utilizadas em fitoterapia da região da Serra do Cipó, MG. In: SOARES, A. (org.). Iniciação Científica Newton Paiva. Belo Horizonte: Centro Universitário Newton Paiva, 1999. Cap. 2, 26-47p.

PINSKY, Jaime. Cidadania e educação. São Paulo: Contexto, 1998.

SOUSA, J. A.; MIRANDA, E. M. Plantas medicinais e fitoterápicos: alternativas viáveis. Disponível em: TORRES, P. L.; BOCHNIACK, R. Uma leitura para os temas transversais: ensino fundamental. Curitiba: SENAR-PR, 2003. 620p.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? Química Nova, jun. 2005, v.28, n.3, p.519-528. ISSN 0100-4042.

VIANA, E. H. et al. Projeto educação ambiental, dunas buscando o desenvolvimento sustentável. Pelotas-RS, 2000. Disponível em: [www.ib.unicamp.br/profs/abrigo/noticia.htm](http://www.ib.unicamp.br/profs/abrigo/noticia.htm). Acesso em: 20/02/05.

**Recebido em:** ago. 2007    **Aceito em:** out. 2007

# Estudo sobre a preservação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã: uma questão de conscientização ambiental no Estado de Roraima

Rosa Maria Soares de Souza  
Edson Roberto Oaigen  
Carlos Eduardo Freitas Lemos

## RESUMO

Este trabalho ressalta a importância da preservação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã, por ser este um recurso natural que está desaparecendo da paisagem dos campos e do mapa de Roraima. Várias nascentes já foram soterradas para dar acesso a moradia, a ocupação desordenada, despejos de esgotos sem tratamento, disposição inadequada de resíduos sólidos vem causando uma degradação ao meio ambiente e uma dilapidação das feições naturais. O Igarapé Caranã nasce no município de Boa Vista, percorre 9,2km perpassando por nove bairros, os mais populosos da cidade, até sua foz com o Rio Cauamé. Seus afluentes localizam-se na margem direita: Igarapé do Preto, Fogoior, e Piscicultura. Este último teve sua nascente soterrada dando acesso à moradia. A forma de restaurar, controlar, fiscalizar os múltiplos usos e sistemas naturais dos recursos hídricos é estimular e apoiar ações de educação ambiental engajando a população na proteção e conservação desses recursos naturais.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Preservação. Educação ambiental. Piscicultura.

## Study on the preservation of the headwaters of the Igarapé Caranã hydrographic basin: A matter of environmental conscientization in the State of Roraima, Brazil

### ABSTRACT

This work stands out the importance of the preservation of the springs of the Igarapé Caranã Hydrographic Basin, because it is a natural resource that is disappearing of the landscape of the fields and of the Roraima map. Some springs had already been subsoil for given access to the housing, the disordered occupation, ousting of sewers without treatment and inadequate disposal of solid residues what comes causing degradation to the environment and an embezzlement of the natural faces. The Igarapé Caranã river has its origin in the city of Boa Vista, covers 9,2 km crossing for the nine most populous quarters of the city until its estuary in

---

**Rosa Maria Soares de Souza** é professora. Secretaria de Educação do Estado de Roraima (SECD). E-mail: rosams\_souza@yahoo.com.br

**Edson Roberto Oaigen** é professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Luterana do Brasil (ULBRA).

**Carlos Eduardo Freitas Lemos** é professor do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Universidade Federal de Roraima (UFRR).

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 108-121	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	------------	----------------

the River Cauamé. Its tributaries are situated it right edge: Igarapé do Preto, Fogoior, and Piscicultura, this last one had its subsoil spring giving access to the housing. The form to restore, to control, to focalize the multiple uses and natural systems of the water resources is to stimulate and to support actions of ambient education engaging the population in the protection and conservation of these natural resources.

**Keywords:** Water resources. Preservation. Environmental education.

## INTRODUÇÃO

Com a distribuição geográfica desigual e a população se instalando nas áreas próximas aos mananciais, causando com isso o soterramento das nascentes, consideramos que é de fundamental importância adotarmos um modelo de gerenciamento para os usos múltiplos dos recursos hídricos muitas vezes conflitantes, pois, com a ausência de um gerenciamento para esses recursos naturais, surgem problemas gerados pelo despejo de dejetos orgânicos e inorgânicos. Faz-se necessário pensar sobre o uso racional e a conservação da água, principalmente nas nascentes. No que diz respeito a este recurso, os conflitos mais graves apareceram e permanecem, de forma cada vez mais preocupante, trazendo consigo a necessidade de soluções que estão intimamente vinculadas ao sistema legal e organizacional brasileiro.

Uma nova estrutura política de recursos hídricos foi implantada com a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, em 1978. O funcionamento desse Comitê deu margem a uma série de sugestões que vêm sendo produzidas e discutidas em Encontros de Órgãos Gestores de Recursos Hídricos, como a que ocorreu em Porto Alegre RS-2004, durante o II Fórum Internacional das Águas: a vida em debate, onde foram discutidos o gerenciamento dos comitês de Bacias Hidrografias e o direito ao uso da água da natureza.

No caso do Igarapé Caranã, os balneários estão localizados dentro de uma área predominantemente urbana e com uma grande densidade populacional, desenvolvendo atividades de lazer e exploração do ecoturismo de forma desordenada, muitas vezes utilizando as áreas de preservação permanente para construção e moradias. Em época de maior incidência de chuvas, o principal problema enfrentado pelos moradores é a alagação, que atinge as casas, pondo em riscos a saúde pública. O comprometimento ambiental, os reflexos negativos à qualidade do meio ambiente, a isso somado o soterramento das nascentes, são fatores praticamente inevitáveis, já que os bairros teimam em crescer ao entorno das nascentes.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), órgão vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente do RS, executa anualmente, no período do verão (segunda quinzena de novembro e primeira de março), o Projeto Balneabilidade. O Projeto consiste em monitorar os balneários através de coletas semanais de água para análise, nos dias de maior movimento de veranistas. Para alertar o público, a FEPAM coloca placas de sinalização indicando as condições em frente aos pontos onde são coletadas amostras de água. Os balneários de água doce, geralmente

localizados no interior do Estado e em zona predominantemente rural, onde a atividade agropecuária é a principal atividade, enfrentam igualmente o problema, apesar da baixa densidade populacional. Em época de maior incidência de chuvas, como ocorreu no mês de dezembro de 2003, muitos destes balneários apresentaram condições impróprias para a recreação.

Atitude semelhante deveria ser efetivada pelos órgãos controladores e de monitoramento no Estado de Roraima, visando proporcionar mais qualidade de vida aos usuários dos recursos hídricos, bem como as demais espécies vivas dos diferentes ecossistemas.

Para garantir a saúde ambiental, a comunidade, juntamente com os setores competentes, necessita enfrentar o problema quando ele se evidencia em todos os verões. É necessária a implantação de estratégias ambientais preventivas que busquem soluções integradas para resíduos sólidos, esgotos e água, garantindo não só a qualidade ambiental, mas, sobretudo, a sustentabilidade dos recursos naturais e do meio ambiente.

As matas ciliares, que se formam às margens dos cursos d'água, além de servir como refúgio e criadouro de animais terrestres e aquáticos, servem como reserva para conservação da biodiversidade vegetal e animal, e atenuam a erosão das margens tanto pela dinâmica do rio como pelo escoamento superficial, protegendo os cursos d'água de assoreamento.

O conhecimento e a preservação da hidrografia da região são de fundamental importância, pois esses elementos são essenciais à vida, à qual se devem criar mecanismos para a conscientização da população e o gerenciamento destes recursos naturais, levando-se em conta que parte da proteção ciliar é constituída por gramíneas e grandes palmeiras. “Esse fácil acesso” pode pôr em risco a sobrevivência dessas nascentes. Cabe ressaltar que uma forma de controlar e preservar a qualidade e quantidade da água deve começar pela preservação das nascentes que são responsáveis pela manutenção dos igarapés no período de estiagem prolongada.

## **NATUREZA DA PESQUISA**

Com a proposta de preservação das nascentes da bacia hidrográfica do Igarapé Caranã, procurou-se ressaltar a problematização ambiental incentivando a participação individual e coletiva na preservação e equilíbrio em defesa da qualidade ambiental.

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica Igarapé Caranã que nasce no município de Boa Vista em uma declividade próxima aos bairros mais populosos da cidade, percorre 9,2 km até sua foz com o Rio Cauamé onde é afluente da margem direita. A bacia hidrográfica do Igarapé Caranã é uma microbacia, do Rio Cauamé, que por sua vez é sub-bacia do Rio Branco, o rio mais importante do município de Boa Vista. A Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã está geograficamente distribuída dentro de uma área predominantemente urbana, perpassando por nove bairros (fig. 1), sendo na margem direita: Senador Helio Campos, Equatorial, Alvorada, Dr. Silvio

Leite, Jardim primavera, Piscicultura, União, e Jardim Caranã. Na margem esquerda, localiza-se o mais novo loteamento, Bairro Cidade Satélite.



FIGURA 1 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã e sua distribuição em relação aos bairros.

Destacamos que a pesquisa realizada possibilitou a localização e visualização das nascentes, identificando a exploração dos recursos hídricos para ecoturismo de forma desordenada e inadequada, pondo em risco a qualidade e quantidade da água a jusante do Igarapé Caranã. Cabe ressaltar que, das nascentes da microbacia do Igarapé Caranã, uma foi soterrada para dar acesso à construção de moradias, tendo também seu curso desviado para dar início à criação de peixes, denominada com o nome do Igarapé Piscicultura. Outras duas nascentes estão em risco de vir a ser soterradas, devido ao crescimento dos bairros em seu entorno. Com a explosão demográfica no estado de Roraima e o aumento das fronteiras agrícolas, esses recursos estão sendo cada vez mais explorados, sem estratégias e com métodos inadequados.

Para justificar essa proposta, buscou-se ressaltar a problematização ambiental procurando incentivar a participação individual e coletiva da população local na preservação e no equilíbrio em defesa da qualidade ambiental, pois esta questão passa primeiro por uma conscientização ambiental, sendo fundamental considerar o gerenciamento para os múltiplos usos dos recursos hídricos, e emergem de fatos como: o Igarapé Caranã, por ter sua nascente localizada na área urbana da cidade de Boa Vista, e perpassar por nove bairros os mais populosos, essa proximidade deixa-o exposto a sucessivas agressões ambientais; com uma distribuição geográfica desigual, a população menos favorecida procura instalar-se nas áreas próximas aos mananciais, surgindo com isso problemas gerados pelo despejo de dejetos, orgânicos e inorgânicos, associado a isso o perigo de soterramento das nascentes. Faz-se necessário pensar na conservação da qualidade da água para usufruto da atual e das gerações futuras; os

avanços da urbanização sobre as áreas naturais, principalmente das nascentes, e a exploração do ecoturismo de forma desordenada, sem planejamento, vem aumentando os índices de poluição dessa bacia hidrográfica. Cabe ressaltar que, em época de maior incidência de chuvas, o principal problema enfrentado pelos moradores das áreas de preservação permanente é a alagação que atinge as casas, pondo em risco a saúde pública.

Como objetivo geral, o estudo preocupou-se em identificar locais onde os recursos hídricos sofrem com a presença humana de forma desordenada, documentando e posteriormente analisando as agressões ambientais que afetam o ciclo normal das águas e seus mananciais.

Como objetivos específicos, o estudo previu e alcançou os seguintes:

- a) diagnosticar as feições e condições fitogeográficas das nascentes do Igarapé Caraná, tais como: erosão, assoreamento, infiltração, poluição e possíveis doenças veiculadas através da água;
- b) diagnosticar em campo os locais onde são desenvolvidas atividades de ecoturismo relacionadas à água;

## **CONTEXTO DA PESQUISA**

O Estado de Roraima é limitado pelas coordenadas geográficas dos paralelos 05o16'20"N a 01o35'11"S e meridianos 01o13'45" a 04o15'00"W, tem uma área de 230.104 km<sup>2</sup>, a maior parte situada no hemisfério Norte do globo terrestre (RORAIMA, 1997).

O clima, na classificação de Koppen, é tropical úmido (grupo climático A), com os tipos, distribuídos no sentido nordeste/sudoeste: Aw – verão úmido e inverno seco, com uma estação seca bem acentuada coincidindo com o inverno e pelo menos um mês com uma altura de chuva inferior a 60 milímetros, abrangendo as savanas tropicais e Am – chuvas do tipo monção constantemente úmido. As estações climáticas, chuvosa e seca, correspondente ao inverno e verão, e estão bem definidas; a primeira transcorrendo de abril a setembro, e a outra de outubro a março (DNPM RADAMBRASIL, 1975).

O Estado de Roraima possui uma grande diversidade de tipos fitofisionômicos, devendo-se tal fato a diferente gradiente pluviométrico, aos diversos substratos geológicos e as variações altitudinais existentes.

O ecossistema aquático da Amazônia pode ser dividido, de modo geral, em sete ambientes principais: leito de grandes rios, lagos, igarapés, vegetação flutuante, corredeiras, igapós e praias (SANTOS; FERREIRA, 1999). A ecologia e limnologia destes ambientes fundamenta-se nos mecanismos das flutuações sazonais de nível da água dos rios; das interações dinâmicas entre o rio e as áreas de alagamento (várzeas/lagos) e o contato permanente entre as comunidades aquáticas e a floresta inundada, que determinam alterações na composição química da água e bioecologia da fauna aquática (TUNDISI et al., 1999).

Poucos estudos científicos foram realizados sobre os cursos d'água da bacia hidrográfica do Igarapé Caranã. Santos et al. (1985) elaborou um perfil físico-químico de 13 rios da Bacia do Rio Branco, com moradores do Bairro Primavera e banhistas. Sant'Ana et al. (2001) classificou as condições de balneabilidade das Praias do Caranã, Cauamé, Polar e Caçari, do Rio Cauamé, como excelentes para recreação de contato primário, devido à baixa densidade de *Escheria coli*. Souza et al. (2002) registraram no período de abril a setembro de 2001 a variação do nível d'água do Rio Cauamé, que tem como afluente o Igarapé Caranã. Lemos et al. (2003) delimitou a bacia do Rio Cauamé e suas sub-bacias através do sistema de informações geográficas (SIG), como subsídio à elaboração do plano de recursos hídrico.

Para as motivações e racionalidade das adaptações pretendidas há que se conhecerem inicialmente os problemas de usos dos recursos hídricos, particularmente os decorrentes da multiplicidade de seus propósitos. Estudos técnicos e científicos dos recursos hídricos é objeto da Hidrologia, que visa à determinação da sua ocorrência, circulação, distribuição, propriedades físicas e químicas, relações com o meio ambiente e com a vida e da Hidrografia, que enfoca aspectos relativos a descrição, dimensões e estruturação dos cursos d'água (DNAEE, 1983).

Em dezembro de 2000, foi aprovada uma nova portaria da Fundação Nacional da Saúde (do Ministério da Saúde), que regulamenta os padrões de potabilidade da água para consumo humano no país (<http://www.funasa.gov.br/amb/amb00.htm>). Foram introduzidos nesta reformulação da portaria alguns critérios relativos ao monitoramento de cianobactérias nos mananciais para captação de água e níveis máximos permitidos de cianotoxinas (microcistinas) para águas tratadas.

Durante a 1ª Conferência das Cidades, que ocorreu em Brasília no mês de outubro de 2003, o Superintendente Executivo da Associação Nacional das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) enfatizou a necessidade de o País encarar de frente a questão do esgotamento sanitário. Ao longo da última década, os indicadores de comportamento do Setor de Saneamento vêm revelando dificuldades crescentes em relação à necessidade de universalização da prestação dos serviços à população brasileira e até mesmo para a manutenção dos níveis de cobertura já alcançados.

Segundo a Legislação Federal sobre o Meio Ambiente (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, art. 2º), ao redor de nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja sua situação topográfica, existe uma área de preservação com 50m de largura. Quanto a cursos d'água, a mesma lei estabelece as larguras necessárias de preservação, sendo definidas proporcionalmente à largura dos cursos d'água existentes.

Considerando a limitação dos recursos hídricos, a situação é preocupante, pois, embora seja um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, constata-se a ocorrência de processos poluidores que comprometem gravemente a fração da água passível de utilização. Essa deterioração lenta do "líquido vital" está acarretando diversos problemas para a humanidade. Quando existe abundância e qualidade, a água pode ser tratada como bem livre, sem valor econômico. Entretanto, com o crescimento da demanda, começam a surgir conflitos entre usos e usuários, e a água passa a tornar-se escassa.

O Brasil destaca-se como o país do mundo mais rico em água doce, sendo que 72% da sua produção hídrica está localizada na Bacia hidrográfica do Amazonas, e a restante está distribuída em outras sete bacias hidrográficas. A Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas é a maior área de drenagem do mundo, com 6.112,000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por sete países, sendo que cerca de 63% deste total estão localizados em território brasileiro.

A Bacia Hidrográfica onde se localiza o Igarapé Caranã está assentada sobre rochas sedimentares da formação Boa Vista, formada principalmente por sedimentos inconsolidados, constituídos em grande parte por areias quartzosa. A área ainda é coberta em grande parte por uma densa mata ciliar. No entanto, algumas áreas próximas à localização urbana de Boa Vista já se encontram com algumas faixas desmatadas (SOUZA et al., 2002).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A metodologia utilizada abordou os princípios da pesquisa qualitativa, destacando-se a metodologia documental/interpretativa (Hermenêutica). Foi realizada na bacia do Igarapé Caranã, constando de levantamento fotográfico das nascentes e as condições ambientais fitogeográfico. As atividades em campo, observação *in loco*, forneceram dados que, após analisados (Abordagem Analítica), possibilitaram a construção da proposta para planejamento dos recursos hídricos numa visão de conscientização ambiental, partindo da preservação das nascentes da bacia hidrográfica do Igarapé Caranã – Estado de Roraima, Brasil.

## **DETALHANDO AS ATIVIDADES QUE FORAM REALIZADAS**

- a) realizou-se a localização exata da nascente do Igarapé Caranã e de seus afluentes, verificando construção de moradias próximas aos mananciais e a quantidade de água existente;
- b) foi realizado um levantamento fotográfico das nascentes e de alguns trechos dos afluentes do Igarapé Caranã, e um levantamento das atividades realizadas próximo dos cursos d' água que possam causar impactos ambientais;
- c) os dados coletados foram analisados e interpretados hermeneuticamente;
- d) a finalização ocorreu com o uso dos dados coletados e a conseqüente elaboração do programa previsto.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

O conhecimento da hidrografia do Igarapé Caranã é de fundamental importância para a preservação das nascentes. Devem-se criar mecanismos para a conscientização

da população e gerenciamento desses recursos, pois somente através da conscientização, do comprometimento e da ajuda mútua iremos conseguir preservar o que a natureza nos oferece.

A lei que trata da preservação dos recursos hídricos deixa claro que ao redor das nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja sua situação topográfica, existe uma área de preservação. Essa lei deve ser respeitada quando da elaboração de outras leis estaduais e municipais.

Essa mesma lei prescreveu que, em um raio de 50m das nascentes e olhos d'água, não poderá haver nenhuma construção. Baseando-se na discussão acima, deve-se considerar que qualquer rodovia ou estrada, seja essa Municipal, Estadual, Federal, terá de se adequar à lei.

Poucas informações foram publicadas sobre o Igarapé Caranã, e no único trabalho encontrado sobre seus tributários, Lemos et al. (2003) faz referências sobre a área de drenagem do Rio Cauamé digitalizada em uma escala de 1:250.000. Nessa escala, rios e igarapés de pequenos cursos não foram visualizados. Sendo assim, os afluentes do Igarapé Caranã não foram incluídos na classificação. Devido à ausência dos mesmos, nessa escala o Igarapé Caranã foi classificado como de primeira ordem.

TABELA 1 – Caracterização Hidrográfica da Bacia do Rio Cauamé – Estado de Roraima.

Nº	CÓDIGO	CURSO D'ÁGUA	ORDEM	EXTENSÃO (km)
1		R. Cauamé	5	114,590
2	01	Ig. Caçari	1	6,309
3	02	Ig. Curupira	2	12,582
4	02.01	Ig. São José	1	5,957
5	03	Ig. Carrapato	2	19,616
6	03.01	Ig. 03.01	1	4,518
7	03.02	Ig. 03.02	1	0,759
8	04	Ig. Caranã	1	9,232

A tabela apresentada mostra a relação dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Cauamé por código, ordem (segundo Strahler) e extensão em quilômetros.

Utilizando a mesma metodologia para a hierarquização dos cursos d'água do Igarapé Caranã, segundo Horton, modificada Strahler, conforme registrada por Villela & Mattos (1975), e utilizando o mapa hidrográfico da cidade de Boa Vista podemos denominar o Igarapé Caranã como um curso d'água de segunda ordem (fig 2).

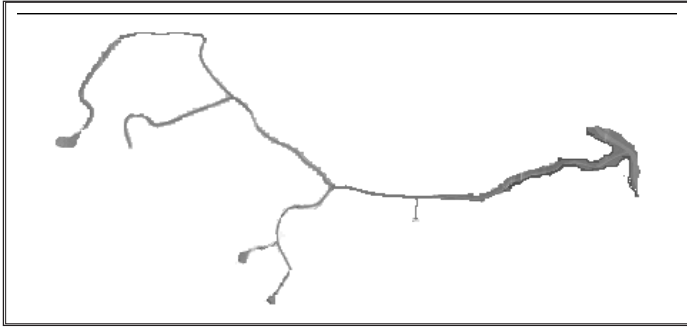


FIGURA 2 – Ramificação da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã.

Apesar dos constantes impactos causados pela retirada da mata ciliar e lançamento de dejetos de origens diversas, o Igarapé Caranã possui sua nascente preservada (foto 1), mas é preciso urgentemente uma fiscalização por parte de órgãos ambientais na área de preservação da nascente desse igarapé que é o principal da bacia em estudo, pois em nome do progresso já existe uma rodovia bem próxima a área de preservação dessa nascente, a qual se não houver uma fiscalização séria, poderá comprometer a curto e ou médio prazo a área de inundação dessa importante bacia hidrográfica para população local, que a utiliza como lazer e para regar hortas caseiras.



FOTO 1 – Nascente Igarapé Caranã e sua área de inundação.

De acordo com informações dadas pela FEMACT/RR, a água da nascente Igarapé Caranã pode ser considerada de boa qualidade, no entanto a sua bacia hidrográfica encontra-se submetida a intenso e diversificado impacto ambiental. Essa deterioração lenta do “líquido vital” está acarretando diversos problemas para a comunidade, exigindo atenção da sociedade e dos órgãos de controle e fiscalização ambiental. A preservação da nascente do Igarapé Caranã é de fundamental importância na preservação e manutenção da qualidade e quantidade da água a jusante de todo o seu curso. Até desaguar no Rio Cauamé, recebe a contribuição de três afluentes, que estão em processo de deterioração e poluição de suas águas devido à proximidade com os vários bairros.

Com o soterramento da nascente do Igarapé da Piscicultura, foi dado o sinal de alerta para o que pode acontecer com as outras nascentes. Após o soterramento de uma nascente, cresceram as reivindicações por áreas próximas às nascentes. Os Igarapé, do Preto e Fogoior tornaram-se alvos de constantes conflitos, com a discussão entre a preservação da qualidade da água ou acesso à moradia.

Apesar do Estado de Roraima ainda não possuir uma legislação para esses recursos hídricos, existem leis municipais e federais que podem ser utilizadas na orientação e fiscalização, podendo minimizar os impactos ambientais a que vem sendo submetida essa bacia hidrográfica.

A solução para este tipo de problema é a conscientização da população. Que no período de estiagem haja uma divulgação da importância das nascentes como reservatório de água para a manutenção do curso do igarapé, mostrando que sem as nascentes corre-se o perigo do comprometimento não só da qualidade, mas também da quantidade de água, pois à medida que os cursos da água escoam, vão recebendo novas contribuições de diferentes afluentes, e que a diminuição na quantidade de água para essa depuração vai afetar a qualidade e comprometer os múltiplos usos a jusante de todo o curso do igarapé. O comprometimento das nascentes pode pôr em risco todos os outros usos ligados a esse recurso hídrico.

Embora a água seja um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, constata-se a ocorrência de soterramento das nascentes e processos poluidores que podem comprometer gravemente a fração da água passível de utilização.

No Estado de Roraima, com a ocorrência do mosquito da Dengue, que tem como foco a reprodução em águas paradas, qualquer epidemia ligada a esse vetor é desculpa para mais uma discussão sobre soterramento de nascentes, que muitas vezes são erroneamente confundidas com águas paradas (foto 2). Como podemos observar, a nascente do Igarapé Fogoior apresenta uma água limpa e transparente, no entanto já começam a aparecer algumas moradias próximas, que alertou o proprietário para os perigos. Devido a essa preocupação, o mesmo cercou a área impedindo uma aproximação maior, conservando assim as características da água que utiliza para bebê e afazeres domésticos.



FOTO 2 – Nascente do Igarapé Fogoio.

Como podemos observar, o Igarapé Caranã e seus afluentes são cursos d'água preservados, mas que, conforme constatado, se encontram sobre grande pressão entre a preservação de sua água e o acesso à moradia. As casas cada dia mais vão se aproximando das áreas de preservação desses mananciais e corre-se o risco da destruição desses recursos naturais caso não haja uma intervenção por parte de órgão de fiscalização ambiental.

A forma de restaurar os sistemas naturais dos recursos hídricos passa pela conservação e restauração das bacias hidrográficas, que deve ser realizada a partir das nascentes e dos tributários de primeira ordem, sob pena de se pôr em risco todo trabalho desenvolvido a jusante, pois à medida que os cursos d'água escoam, recebem a contribuição de outros contribuintes.

O Igarapé da Piscicultura, apesar de se encontrar com a sua nascente totalmente soterrada e ocupada por moradias (fig. 1), ainda teima em sobreviver, voltando a preencher parte de seu leito durante o inverno, pois ainda conserva mata ciliar devido à conscientização do proprietário da chácara próximo à foz com o Caranã. Várias chácaras e balneários localizam-se na margem do Igarapé Caranã. Na margem esquerda, o balneário da Associação dos Funcionários das Centrais Elétricas de Roraima (ASCER) (foto3), onde reconhecidamente existem várias fontes de contaminação, principalmente com lançamento de efluentes e esgoto despejados no igarapé irregularmente.

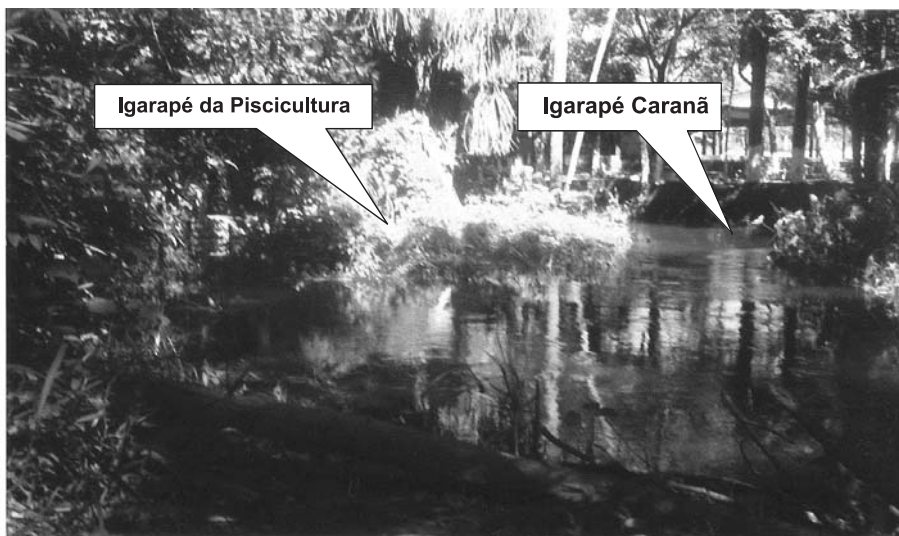


FOTO 3 – Igarapé da piscicultura na sua foz com o Igarapé Caranã.

A nascente do Igarapé da Piscicultura foi soterrada para dar acesso o mais um loteamento, como pode ser verificado na (figura 1). Durante a seca, é apenas uma vala, mas na estação chuvosa a natureza reage, assume o que é seu por direito, e parte do igarapé volta a correr normalmente apresentando uma água límpida e transparente. Em determinado trecho, é comum serem encontrados alevinos, talvez devido à estação de criação de peixes (piscicultura), localizada em um desvio desse igarapé, que permanece lutando pela sobrevivência, até desaguar no na sua foz com o Igarapé Caranã.

## CONCLUSÃO

Diante do que foi detalhado neste estudo, as nascentes da Bacia Hidrográficas do Igarapé Caranã estão expostas a inúmeras agressões ambientais. É preciso urgentemente criar mecanismo de manutenção para a sua preservação, pois, em função da ausência de um planejamento para esses recursos hídricos, muitas nascentes já foram soterradas para dar início a um novo aglomerado populacional, até mesmo uma rodovia está sendo construída próxima à nascente do Igarapé Caranã pondo em risco a principal nascente da bacia hidrográfica.

Vários balneários localizam-se à margem direita do Igarapé Caranã, donde parte da mata ciliar é extraída para implantação de balneário, construído de forma irregular, sem a prévia fiscalização e/ou autorização dos órgãos de fiscalização ambiental.

Uma questão preocupante é que o Estado de Roraima ainda não possui uma política de gestão de seus recursos hídricos. Sendo assim, não existe uma unidade de planejamento e gestão para as diversas bacias e sub-bacias hídricas do Estado.

Cabe ressaltar que Roraima possui grandes campos e áreas de loteamentos que não comprometem os recursos hídricos. As áreas em conflito são geralmente áreas com infra-estrutura definidas e mais próximas da cidade.

Como foi visto, os Planos de Recursos Hídricos estão previstos na Lei das Águas e envolvem três níveis de planejamento:

- 1- Nível Nacional - Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- 2- Nível Estadual - Plano Estadual de Recursos Hídricos, e
- 3- Nível das Bacias Hidrográficas – Plano de Bacia Hidrográfica.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos é um processo técnico, político e social que deve ser conduzido de forma progressiva, em permanente aperfeiçoamento.

Como podemos constatar, leis existem, mas não basta só a população ou os moradores próximos às nascentes lutarem por sua preservação, é preciso vontade política para que haja uma fiscalização e aplicação da lei. Para isso é preciso elaborar uma proposta de gerenciamento e avaliação para o uso sustentável dessa Bacia Hidrográfica, que pode ser construída através dos dados levantados, buscando estratégias para a preservação e conservação da referida bacia.

## REFERÊNCIAS

- BARTHEM, R. B. et al. A pesca na Amazônia: Problemas e perspectivas para o seu manejo. In: VALLADARES-PADUA, C. et al. (org.). *Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil*. Brasília: CNPq, Sociedade Civil Mimirauá, 1997.
- BRASIL. Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei No 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei No 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- BRASIL. Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000 – Sobre a criação da Agência Nacional de Água, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- DNAEE. *Codificação dos cursos d'água brasileiros: Bacia do Rio Amazonas*. Brasília: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 1983.
- DNPM. Projeto RADAMBRASIL – Folha NA, 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21 Tumacunaque, NB. 20 Roraima e NB. 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1975. v.8, 428p.
- LEMOS, C. E. F. et al. *Caracterização Hidrográfica da Bacia do Rio Cauamé, Estado de Roraima – Brasil*. I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia - Água: Recursos Estratégicos para o Desenvolvimento da Amazônia. Estúdio 5- Centro de Convenções. Manaus, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Documento de introdução Plano Nacional de Recursos Hídricos*, Centro de Informação, Documentação Ambiental e Editoração, Brasília, 2004. p.51.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE RORAIMA. *A bacia do Baixo Rio Cauamé, Boa Vista – Roraima. Relatório*. Boa Vista: MPE, 1999. 107p.

PREFEITURA DE BOA VISTA. *Mapa de Boa Vista Roraima – Brasil*, 2002.

SANT’ANA, A. C. et al. *Avaliação da densidade de Escherichia coli nas praias do Rio Cauamé, Cidade de Boa Vista, Estado de Roraima*, Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Microbiologia. 21-25 out. 2001, Foz do Iguaçu-PR, Brasil. Resumos, p.30.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. Peixes da bacia amazônica. In: *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1999. p.345-373.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. Peixes da bacia amazônica. In: *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1999. p. 345-373.

SANTOS, U. de M. et al. Rios da Bacia Amazônica II. Os afluentes do Rio Branco. Manaus, *Acta Amazônica*, v.15, n.(1-2), p.147-156, 1985.

SILVA, P. A. Classificação de bacias hidrográficas – Método Otto Pfafstetter. In: *2º Encontro de Las Águas*. Montevideu, 1999. Poesia. Programa de Observação.

SOUZA, R. M. S. et al. *Variação do nível de água do Rio Cauamé, Cidade de Boa Vista, Estado de Roraima*, no período de abril a setembro de 2001. I Encontro de pesquisa e Iniciação Científica, UFRR, 02-05 abril de 2002.

TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia, ciência e aplicação*. 3.ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002. 943p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

**Recebido em:** set. 2007    **Aceito em:** dez. 2007

# O Teste *Allium cepa* no ensino de Biologia Celular: um estudo de caso com alunos da graduação

Sirley Pereira Carneiro  
Juliana da Silva

## RESUMO

Tem-se observado atualmente que a Genética, devido às suas constantes descobertas, tem sido foco de discussões e, por isso, assunto recorrente em sala de aula. Um dos principais problemas observados no processo de ensino-aprendizagem em Genética é a compreensão científica dos fatos e o conhecimento que o aluno tem sobre muitos processos. O aluno é extremamente resistente a mudanças conceituais e isso tem sido um obstáculo epistemológico à incorporação de conceitos científicos que se pretende ensinar. Essa pesquisa propôs avaliar alunos dos cursos de Graduação de Biologia (n=31) e Fisioterapia (n=20) quanto aos seus conhecimentos prévios na área de Biologia Celular. Com base nestes dados, foi proposta uma atividade prática com alunos voluntários (n=5), para observação da estrutura das células e das fases de divisão celular, para a qual foi utilizado o Teste *Allium cepa*. A atividade foi proposta de forma que os alunos obtivessem uma base de conhecimento, tanto crítica como realista, construída a partir de observações e de forma interativa, que os auxiliasse a compreender melhor o estudo de Biologia Celular. Estes alunos foram submetidos a pós-testes e entrevistas semi-estruturadas. Observou-se que os conhecimentos decorrentes do Ensino Médio são bastante falhos e que as aulas teóricas da graduação não foram suficientes para permitir uma aprendizagem conceitual sobre Biologia Celular. Entretanto, na análise após atividade laboratorial, observou-se melhor compreensão dos conceitos relacionados ao conteúdo trabalhado. Assim, ressalta-se a importância de se trabalhar com atividades práticas, bem estruturadas, e avaliar a eficiência destas no processo de aprendizagem, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior.

**Palavras-chaves:** Atividade prática. *Allium cepa*. Divisão celular. Ensino de Ciências.

## The Test *Allium cepa* in teaching of Cellular Biology: A case study with the graduate students

### ABSTRACT

It has been observed that currently Genetics, because of their constant discoveries, has been focus of discussions and therefore subject applicant in the classroom. One of the main problems observed in the process of teaching-learning in genetics is the scientific understanding of the facts and knowledge that the student has on many cases. The student is highly resistant

---

Sirley Pereira Carneiro e Juliana da Silva – Laboratório de Genética Toxicológica, PPGEICIM & PPGGTA, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Av. Farroupilha 8001, Prédio 14, Sala 230, Bairro São José, CEP 92420-280, Canoas-RS, Brasil. E-mails: silacarneiro@bol.com.br; juliana.silva@ulbra.br

to conceptual changes and this has been an obstacle epistemological the incorporation of scientific concepts to be taught. This survey suggested assess students' courses of Biology Graduate (n = 31) and Physiotherapy (n = 20) in their previous knowledge in the area of Cellular Biology. Based on these data, an activity was proposed practice with students, volunteers (n = 5), for observation of the structure of cells and of the stages of cell division, for which the test was used *Allium cepa*. The activity was proposed so that students obtain a knowledge base, both critical and realistic, built from observations and interactive format, that help to better understand the study of Cell Biology. These students have been subjected to post-tests and semi-structured interviews. It was observed that the knowledge arising from the high school present problems and that the lectures of graduation were not sufficient to allow a conceptual learning about Cell Biology. However, the analysis after laboratory activity showed a better understood of the concepts related to the content worked. Thus emerges is the importance of working with practical activities and structured, and evaluate the efficiency of the process of learning, both in high school and in higher education.

**Keywords:** Practical activities. *Allium cepa*. Cell Division. Education of Sciences.

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino tradicional de Ciências, desde a escola fundamental até os cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz. A escola tem sido criticada pela baixa qualidade do ensino, por sua incapacidade em preparar os estudantes para ingressar no mercado de trabalho ou na Universidade, e é freqüentemente mencionado o não cumprimento adequado do seu papel na formação de crianças e adolescentes. Além disso, o conhecimento que os estudantes exibem ao deixar a escola é fragmentado e, conseqüentemente, de limitada aplicação futura. A escola, por sua vez, tão-pouco consegue fazer do aluno uma pessoa acostumada a tomar decisões, a avaliar crítica e independentemente alternativas de ação e a trabalhar em cooperação. Várias são as causas apontadas para explicar a ineficiência do sistema escolar e algumas soluções têm sido propostas, como, por exemplo, o aumento da carga horária obrigatória, a introdução de novas disciplinas e mudanças na forma de organização da escola. Ao lado das dificuldades gerais existentes, as várias disciplinas que compõem o currículo apresentam problemas específicos de aprendizagem (BORGES et al., 2001).

Um dos principais problemas observados no processo ensino-aprendizagem é a compreensão dos conceitos científicos. O conhecimento inadequado que o aluno apresenta é, muitas vezes, difícil de ser modificado, devido à resistência natural do aluno a uma re-aprendizagem (POZO; GÓMEZ, 1998), atuando como obstáculo epistemológico na assimilação do conjunto de informações que se pretende que o aluno possa alcançar. São freqüentes estudos demonstradores de que, mesmo com todos os esforços realizados pelo docente para alcançar um nível de aprendizagem desejada, os alunos continuam a apresentar algumas deficiências em relação ao conhecimento científico quando respondem a algumas questões de modo inadequado (OSBORNE; FREYBERG, 1991, apud PALMERO; MOREIRA, 2002).

Atualmente, as pesquisas em Genética têm avançado rapidamente e há um grande acúmulo de novas informações, com amplas aplicações em diferentes áreas. Assim, os

conceitos fundamentais de Genética Celular e Molecular necessitam ser atualizados e ministrados de forma adequada (DYER; LEBLANC, 2002). Neste sentido, o estudo da célula como conteúdo básico e fundamental tem de ser destacado e revisto.

O que se tem observado no cotidiano das salas de aula é que a falta de compreensão sobre a estrutura e o funcionamento celular tem dificultado, tanto no Ensino Médio quanto nos cursos de graduação, o entendimento dos princípios e do conteúdo básico da Genética (FOUREZ, 1994, apud PALMERO; MOREIRA, 2002). Segundo Palmeiro e Moreira (2002), o conceito sobre a estrutura e fisiologia celular é, sem dúvida, a abordagem inicial e básica para o ensino em Biologia. Trata-se de um conceito escolar sobre o qual o aluno manifesta certo conhecimento, mas que em geral é uma noção errônea, por se tratar de um significado de difícil compreensão por parte dos estudantes. Por outro lado, nota-se que há uma grande dificuldade, por parte do professor, em selecionar métodos e estratégias adequadas de ensino, para que o aluno possa aprender adequadamente os conceitos principais sobre a estrutura e as funções da célula (PALMERO, 2003). Essa dificuldade resulta da falta de material didático que proporcione ao aluno uma visualização prática do conteúdo. Pode-se contornar essa dificuldade com atividades práticas em laboratório. A prática de atividades em laboratório, segundo Moreira e Levandowski (1983), deve ser mais eficientemente utilizada, pois a forma mais comum praticada é aquela que fornece ao aluno um roteiro com algumas instruções para que ele chegue a um resultado pré-determinado.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o conhecimento prévio de alunos de graduação quanto a aspectos básicos sobre a estrutura e as funções celulares, bem como verificar se a atividade prática em laboratório, com a utilização de um sistema vegetal (*Allium cepa*), pode ser de fato esclarecedora no sentido de auxiliar os alunos no processo de aprendizagem do conhecimento científico de Genética, não somente de forma passiva baseada em observações, mas de forma interativa e crítica.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Grupos estudados e atividades desenvolvidas**

Inicialmente, foram realizadas avaliações sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre a estrutura das células e divisão celular. A pesquisa foi realizada com três turmas dos cursos de graduação da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA): uma turma do curso de Fisioterapia, disciplina de Introdução às Ciências (curso regular de 68 h/a) constituída por 20 alunos do primeiro semestre, possuindo idade média de  $26 \pm 7$  anos, sendo 15 do sexo feminino e 5 do sexo masculino; duas turmas do curso de Biologia, disciplina de Genética Geral “Turma A” (curso regular de 68 hora/aula) constituída por 31 alunos do segundo semestre, sendo que estes alunos apresentaram idade média de  $24 \pm 5$  anos, sendo 26 do sexo feminino e 5 do sexo masculino e “Turma B” (curso intensivo de 68 h/a) formada por 26 alunos do segundo semestre, sendo 19 do sexo feminino e 7 do sexo masculino, com idade média de  $32 \pm 10$  anos. As avaliações prévias foram realizadas durante as primeiras aulas das disciplinas, seguindo roteiro específico de perguntas.

Após a aplicação do pré-teste e o desenvolvimento de aulas teóricas na “Turma B”, cinco alunos propuseram-se a realizar as atividades de laboratório. Antes da atividade em laboratório, foi realizada entrevista semi-estruturada com os alunos, buscando-se os conhecimentos a respeito do processo de divisão celular. A atividade prática realizada foi o Teste *Allium cepa* (cebola), a qual foi acompanhada de roteiro específico para observação e discussão das etapas da divisão celular.

Os alunos iniciaram o procedimento prático seguindo o protocolo descrito por Babich (1997), com algumas modificações. As cebolas utilizadas no teste foram de tamanho pequeno, uniforme, de mesma origem, não germinadas e saudáveis. O teste foi desenvolvido utilizando-se garrafas plásticas. Nas garrafas foram colocadas diferentes substâncias escolhidas pelos alunos para a exposição das cebolas. As substâncias selecionadas por eles foram: café, vinagre, água destilada, água do lago do Campus da ULBRA.

Os bulbos foram colocados para germinar nos recipientes, com a parte inferior mergulhada na solução. Em cada solução foram colocados dois bulbos. As raízes foram coletadas para análise de anomalias em mitose e micronúcleos quando atingiam o tamanho de 0,5 a 2,0 cm, em número de 2 a 4 por bulbo, e fixadas imediatamente em 3 partes de metanol e uma parte de ácido acético. As raízes permaneceram no fixador durante uma semana. Após a fixação, foram realizados os preparados histológicos segundo as seguintes etapas: (a) lavagem das raízes em água destilada; (b) hidrólise com HCl 1N, por 10 minutos, em banho-maria a 60°C; (c) resfriamento do tubo em água corrente; (d) nova lavagem das raízes hidrolisadas em água destilada; (e) coloração das raízes em corante Feulgen (corante específico para DNA) num intervalo de tempo entre 10 e 20 min; (f) “squash”, esmagamento entre lâmina e lamínula da ponta da raiz em uma gota de ácido acético 45%; (g) separação da lâmina e da lamínula em uma câmara com gelo seco; (h) passagem da lâmina contendo o material por uma bateria de desidratação alcoólica (solução de 1:1, 3:1 e 9:1 de álcool absoluto para ácido acético glacial) e coloração (1% de Fast-Green em álcool absoluto); (i) montagem da lâmina definitiva com bálsamo do Canadá ou Entelan (Merck).

Após a preparação das lâminas de ponta de raiz de cebola, os alunos iniciaram análise microscópica. Os diferentes estágios de divisão celular foram identificados e esquematizados. Cada identificação era sempre discutida. Ao término da atividade laboratorial, foi realizada uma discussão final.

Durante toda a atividade prática com *A. cepa*, os comentários dos alunos e discussões foram registrados em um *diário de bordo*. Após a aula prática foi realizado um pós-teste para avaliar o aproveitamento dos alunos com relação à atividade desenvolvida. Estes foram submetidos ao mesmo questionário utilizado no pré-teste, além de uma nova entrevista semi-estruturada. Todas as atividades foram realizadas em um total de quatro encontros, sendo cada encontro de 3h30min.

## 2.2 Avaliação dos questionários

A comparação dos questionários foi realizada a partir da proposição de categorias de análise, baseadas nos trabalhos de Falcão e Barros (1999), Griffin et al. (2003) e Silva e Neto (2004). Para que fosse possível avaliar a compreensão dos alunos a respeito do assunto. As respostas foram analisadas qualitativamente, procurando-se pontos em comum que possibilitassem o seguinte agrupamento:

**Classe 0 = Sem resposta** – Respostas do tipo *não sei*, errada ou em branco;

**Classe 1 = Resposta Pobre / Sem informação** – Respostas que não indicam compreensão do aluno sobre o tema;

**Classe 2 = Resposta Fraca / Racionalidade Científica Não Compatível com Modelo Científico** – Respostas que manifestam certa compreensão dos conceitos, mas sem fundamentação teórica;

**Classe 3 = Resposta Satisfatória / Racionalidade Científica com Certa Compatibilidade com o Científico** – Respostas que demonstram compreensão dos elementos científicos mais importantes;

**Classe 4 = Resposta Excelente / Expressa Racionalidade Científica com ou sem Refinamento de Modelo Compatível** – Percebe-se compreensão total sobre a resposta, podendo apresentar refinamento nas respostas (discussões além do questionado).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observamos na Tabela 1, referente à compreensão dos alunos sobre a célula e divisão celular, que a “Turma A” de Genética (curso regular) apresentou, em seu teste de conhecimento prévio, um maior número de respostas entre *satisfatório* e *excelente* (58%) em relação aos demais grupos. Este melhor desempenho pode estar relacionado ao fato da “Turma A” de Genética Geral estar no segundo semestre do curso de graduação, e ter cursado disciplinas introdutórias, demonstrando que o conteúdo em questão provavelmente já tivesse sido abordado. A turma de Introdução às Ciências, 35% de respostas entre *satisfatório* e *excelente*, só estava utilizando para suas respostas os conhecimentos adquiridos no Ensino Médio. Apesar de ter cursado a disciplina Introdução às Ciências, na “Turma B”, 19% de respostas entre *satisfatório* e *excelente*, do intensivo, obteve classes de respostas inferiores em relação às outras duas turmas. Deve-se levar em consideração que estes alunos optaram pelo curso intensivo por trabalharem e estudarem, além de estarem em uma faixa etária média de 32 anos (idade significativamente maior que as outras turmas). Além disso, as disciplinas são ministradas às sextas-feiras à noite e durante todo o sábado, diferentemente do ensino regular para o qual os alunos têm mais tempo disponível para estudar.

TABELA 1 – Categorização das respostas dos indivíduos quanto à compreensão sobre os temas (pré-teste).

QUESTÕES	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS / CLASSE DE RESPOSTAS					
	Turma de Introdução às Ciências (Curso regular) (n=20)	Excelente (Classe 4)	Satisfatória (Classe 3)	Fraca (Classe 2)	Pobre (Classe 1)	Sem resposta (Classe 0)
A. Estrutura Celular (Esquema)		2 (10%)	9 (45%)	1 (5%)	5 (25%)	3 (15%)
B. Características de Mitose (14 Questões)		2 (10%)	3 (15%)	7 (35%)	7 (35%)	1 (5%)
C. Identificações das fases do ciclo celular (4 Questões)		5 (25%)	0 (0%)	5 (25%)	8 (40%)	2 (10%)
Freqüência Geral (A+B+C)		35%		65%		
“Turma A” de Genética Geral (Curso regular) (n=31)	Excelente (Classe 4)	Satisfatória (Classe 3)	Fraca (Classe 2)	Pobre (Classe 1)	Sem resposta (Classe 0)	
A. Estrutura Celular (Esquema)	9 (29%)	10 (32%)	2 (7%)	9 (29%)	1 (3%)	
B. Características de Mitose (14 Questões)	9 (29%)	12 (39%)	8 (26%)	1 (3%)	1 (3%)	
C. Identificações das fases do ciclo celular (4 Questões)	13 (42%)	1 (3%)	5 (16%)	7 (23%)	5 (16%)	
Freqüência Geral (A+B+C)	58%		42%			
“TurmaB” de Genética Geral (Curso Intensivo) (n=26)	Excelente (Classe 4)	Satisfatória (Classe 3)	Fraca (Classe 2)	Pobre (Classe 1)	Sem resposta (Classe 0)	
A. Estrutura Celular (Esquema)	2 (8%)	2 (8%)	2 (8%)	13 (50%)	7 (26%)	
B. Características de Mitose (14 Questões)	1 (4%)	4 (15%)	17 (65%)	3 (12%)	1 (4%)	
C. Identificações das fases do ciclo celular (4 Questões)	6 (24%)	0 (0%)	6 (24%)	7 (26%)	7 (26%)	
Freqüência Geral (A+B+C)	19%		81%			

Observando de uma forma geral, sem levar em consideração as diferenças entre turmas, o que se verifica é a falta de conhecimento dos alunos em relação a alguns tópicos básicos de Biologia Celular. Nossos resultados somente confirmaram o que Palmero e Moreira (2002) já haviam observado: que o conceito de “célula” é um dos conceitos científicos mais difíceis de serem compreendidos. Mesmo apresentando certo conhecimento, os alunos geralmente mostraram uma noção errônea deste conceito devido à grande dificuldade encontrada por professores em selecionar estratégias adequadas de ensino para trabalhar o assunto durante as aulas (PALMERO, 2003). O que reforça a necessidade de se buscar e utilizar diferentes estratégias na sala de aula, como atividades práticas, buscando uma aprendizagem significativa. Estratégias estas que tornem este conteúdo mais atrativo, envolvente e concreto.

Conforme descrito anteriormente, cinco alunos voluntários de Genética Geral “Turma B” participaram da aula prática em laboratório, onde se utilizou o Teste *Allium cepa* (cebola) como objeto de estudo prático sobre o processo de divisão celular. A diferença dos resultados obtidos nos pré e pós-testes podem ser observados na Tabela 2.

TABELA 2 – Categorização das respostas dos indivíduos da Turma B de Genética Geral (Curso intensivo; n= 5) quanto a sua compreensão sobre os temas (pré-teste e pós- teste).

QUESTÕES	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS / CLASSE DE RESPOSTAS					
	Pré-Teste	Excelente (Classe 4)	Satisfatória (Classe 3)	Fraca (Classe 2)	Pobre (Classe 1)	Sem resposta (Classe 0)
A. Estrutura Celular (Esquema)		1	0	1	0	3
B. Características de Mitose (14 Questões)		0	1	2	1	1
C. Identificações das fases do ciclo celular (4 Questões)		1	0	1	0	3
Freqüência Geral (A+B+C)		20%		80%		
Pré-Teste	Excelente (Classe 4)	Satisfatória (Classe 3)	Fraca (Classe 2)	Pobre (Classe 1)	Sem resposta (Classe 0)	
A. Estrutura Celular (Esquema)	1	0	0	4	0	
B. Características de Mitose (14 Questões)	3	1	1	0	0	
C. Identificações das fases do ciclo celular (4 Questões)	2	0	3	0	0	
Freqüência Geral (A+B+C)	47%		53%			

As respostas dos alunos para o pré-teste, aplicado antes da aula teórica, encontram-se em sua maioria (80%) entre as categorias: *sem resposta*, *resposta fraca* e *pobre*. As respostas do pós-teste, aplicado após as aulas teóricas e prática, apresentam um aumento de 20% (pré-teste) para 47% (pós-teste) de respostas da categoria *satisfatória* e *excelente* (Tabela 2).

Para a questão sobre a estrutura celular (grupo A) observou-se pouca mudança nas respostas do pré em relação ao pós-teste, o que poderia ser justificado pelo fato das estruturas da célula não terem sido ressaltadas pela pesquisadora, tanto nas aulas teóricas quanto práticas. Observa-se que os alunos que antes não haviam respondido a esta questão, após motivação, arriscaram a desenhar ao menos uma célula com as estruturas básicas (membrana, citoplasma e núcleo).

Nas questões referentes às características das divisões celulares e identificação das fases do ciclo celular (grupos B e C), temas trabalhados na aula prática, observou-se aumento na freqüência de respostas do tipo *satisfatório* e *excelente* no pós-teste. A prática laboratorial parece ter motivado e, ao mesmo tempo, ter proporcionado uma aprendizagem significativa através de resoluções de problemas, permitindo uma (re) estruturação de idéias. Galiazzi et al. (2001) mostram que atividades práticas bem estruturadas devem fazer parte do ensino de Ciências, pois além de motivadoras, também são elementos importantes na aprendizagem.

Em relação à entrevista realizada com os alunos antes do desenvolvimento da aula prática, observamos que, quanto ao conhecimento sobre o processo de mitose, somente dois alunos apresentaram certo conhecimento, demonstrando saber que,

durante a mitose, há a divisão das células somáticas dando origem a duas células, diferente da meiose, onde há a divisão das células germinativas dando origem a quatro células. Quanto à questão relativa à caracterização da metáfase da mitose, nenhum aluno respondeu. Quando se buscou resposta sobre alguma característica da anáfase, só um aluno arriscou responder que os cromossomos migram para os pólos.

Após as atividades práticas e de discussão, uma nova entrevista foi realizada, quando então os mesmos alunos conseguiram explicar diferentes aspectos da divisão celular. Todos fizeram comentários sobre a importância da divisão celular, descrevendo conceitos, inclusive relacionando-os com as diferentes etapas da atividade laboratorial. Quando questionados sobre o que acharam da atividade laboratorial, todos apresentaram aspectos positivos. Um aluno ainda comentou: “Na prática tem-se uma visão mais real do processo de mitose o que auxilia no entendimento da teoria, e o aluno tem uma melhor aprendizagem, deveriam ter sempre as práticas”.

Durante a discussão do conteúdo na aula prática, todos os alunos relataram que, no Ensino Médio, não tiveram aula prática de Biologia em laboratório. Na entrevista inicial, observou-se que, mesmo os alunos tendo assistido às aulas teóricas, não haviam aprendido realmente. Na segunda entrevista, após as atividades de laboratório e discussões, verificou-se que os alunos estavam motivados e interessados, sendo que os mesmos, que já trabalham em sala de aula com Ensino Fundamental e Médio, pediram o roteiro para repetir em aula para seus alunos. Tais resultados observados nas entrevistas corroboram a diferença observada entre pré e pós-teste na Tabela 2.

Antes do procedimento prático, os alunos observaram lâminas já prontas de *Allium cepa* para identificação das fases da mitose. Analisando as respostas dos alunos foi observado que 60% deles identificaram a prófase e a anáfase, e todos conseguiram identificar a metáfase. Quando foi proposta a mesma atividade, após o desenvolvimento da prática, 100% dos alunos acertaram todas as fases do ciclo celular observadas.

Esta metodologia simples, que usa o Teste *Allium cepa* em laboratório para o estudo do processo de divisão celular (mitose), foi utilizada como estratégia, permitindo que o aluno obtivesse melhor aprendizagem a respeito do assunto, o que levou a um resultado satisfatório. Observou-se, em uma análise qualitativa das respostas fundamentadas, que o laboratório teve um efeito positivo no aprendizado e, pela análise do comportamento dos estudantes durante a aula prática, percebeu-se que os cinco alunos desenvolviam a prática no laboratório com bastante interesse. Para Borges et al. (2001), essa atividade em laboratório é necessária para maior embasamento teórico, o que está em acordo com os comentários realizados por Moreira e Levandowski (1983). Borges et al. (2001) ainda comentam que, em sala de aula, os professores podem utilizar materiais convencionais para criar uma situação de aprendizado baseado em investigação. Para isso é necessário que eles ajam de acordo com uma postura mais construtivista, sendo um motivador, guia e inovador-investigador, não podendo, assim, antecipar percepções e resultados.

Nesta pesquisa, o uso do laboratório trouxe pontos bastante positivos, pois a metodologia utilizada com o manuseio do material, oportunizando discussão do

conteúdo trabalhado (o processo de divisão celular, Mitose), ofereceu condições para que os alunos aprendessem de forma mais concreta.

Com este trabalho, tentou-se explorar caminhos para se obter uma melhor compreensão sobre o que acontece e o que pode resultar da organização das atividades abertas no laboratório escolar de Ciências. A razão para a sugestão do uso de atividade com *Allium cepa* (cebola) na aula prática sobre o processo de divisão celular é devido a fácil obtenção e manipulação, e também por ser uma metodologia simples de preparação de lâminas. Os diversos trabalhos comentados por Borges et al. (2001) sugerem alternativas semelhantes, propondo estruturar atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos com variados níveis de abertura. Segundo estes trabalhos, os laboratórios investigativos, que podem ser utilizados em quaisquer níveis de ensino, têm o potencial de envolver mais os estudantes.

## REFERÊNCIAS

- BABICH, H.; SEGALL, M. A; FOX, K.D. *The Allium Test – A Simple, Eukaryote Genotoxicity Assay*. New York: The American Biology Teacher, 1997, 59 (9), p.580-83.
- BORGES, A. T. et al. *A resolução de problemas práticos no laboratório escolar*. III ENPEC. Atibaia, SP: 2001. 8p.
- DYER, B. D.; LEBLANC, M. D. Meeting report: Incorporating genomics research into undergraduate curriculum. *Cell Biology Education*. 2002, 1 (4), 101-104.
- FALCÃO, D.; DE BARROS, H. L. *Estudo de impacto de uma visita a uma exposição de um museu de ciências*. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências, 1999. 11p.
- GALIAZZI, M. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 2001, 7 (2), p.249-263.
- GRIFFIN, V. et al. Identifying novel helix-loop-helix genes in *Caenorhabditis elegans* through a classroom demonstration of functional genomics. *Cell Biology Education*, 2003, 2 (1), 51-62.
- MOREIRA, M. A; LEVANDOWSKI, C. E. *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1983. 117p.
- PALMERO, M. L. R. La célula vista por El Alumnado. *Ciências e Educação*, 2003, 9 (2). 18p.
- PALMERO, M. L. R; MOREIRA, M. A. *Modelos mentales vs Esquemas de Célula*. Porto Alegre: UFRGS, *Investigação em Ensino de Ciências – ISSN 15188795*, 2002, 7 (1). 30p.
- POZO, J. I; GÓMEZ, R. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, 1998.
- SILVA, J; NETO, A. A. *DNA & Ambiente: uso de Ensaio Cometa como Ferramenta para Discussão Interdisciplinar de Lesão e Reparo do DNA na Pós Graduação em Ensino de Ciências*. IV ENPEC. Bauru, SP: 2004. 13p.

**Recebido em:** ago. 2007    **Aceito em:** dez. 2007

# Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação

Claudia Carobin  
Agostinho Serrano

## RESUMO

Neste trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica referente à pesquisa no ensino de equilíbrio químico, focalizando os três níveis de representação de um fenômeno químico, o macroscópico, o microscópico e o simbólico. Sendo assim, detalhamos quais as concepções alternativas mais utilizadas pelos estudantes durante o aprendizado deste tópico em química.

**Palavras-chave:** Ensino de Equilíbrio Químico. Níveis de Representação. Concepções alternativas.

## A revision of the alternative conceptions in Chemical Equilibrium within the different level of representation of a chemical phenomena framework

### ABSTRACT

In this paper we present a bibliographic review on the current research on the teaching of chemical equilibrium, focusing on the three levels of representation of a chemical phenomenon, the macroscopic, the microscopic and the symbolic level of representation. Therefore, we present which alternative conceptions are more used by students during the learning of this topic in chemistry.

**Keyword:** Teaching Chemical Equilibrium. Levels of representation. Alternative conceptions.

## INTRODUÇÃO

No currículo de Química, tanto no Ensino Médio como Superior, o Equilíbrio Químico é um dos tópicos de maior complexidade, sendo reconhecido como um dos tópicos que mais apresentam problemas de aprendizagem (CAMACHO; GOOD, 1989; TSAPARLIS et al., 1998; QUÍLEZ-PARDO; SOLAZ-PORTOLÉS, 1995; FURIO; ORTIZ, 1983; BANNERJEE, 1991; GUSSARSKY; GORODETSKY, 1990; HAMEED et al., 1993; JOHNSTONE et al., 1977; BERGQUIST; HEIKKINEN, 1990; HACKLING; GARNETT, 1985; RAVIOLO, 2000; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU,

---

Claudia Carobin e Agostinho Serrano – Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Laboratório de Tecnologias para o Ensino de Ciências e Matemática (LTECIM), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM). Av. Farroupilha 8001 - Prédio 14, sala 230 - Canoas/RS. E-mail:asandraden@gmail.com

Acta Scientiae	Canoas	v. 9	n.2	p. 131-143	jul./dez. 2007
----------------	--------	------	-----	------------	----------------

2001). Uma das razões para que este tópico apresente tantos problemas de aprendizagem é o fato de envolver conhecimentos prévios e integrados de reações químicas, noções de cinética e termoquímica, estequiometria e gases (QUÍLEZ-PARDO; SANJOSÉ LÓPEZ, 1995; RAVIOLO et al., 2000).

O conceito de Equilíbrio Químico é de grande importância para o ensino de Química, seja por ser um conceito central na compreensão de várias transformações químicas, seja porque muitos fenômenos de nosso cotidiano podem ser explicados através de suas leis: formação de estalactites e estalagmites, provocadas devido a reversibilidade das reações (KORTZ; TREICHEL, 2002); a síntese da amônia, processo *Haber-Bosch* (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 1999) e outros fenômenos, tais como lentes fotocromáticas e a reação reversível do ácido carbônico em refrigerantes.

Fenômenos químicos podem ser compreendidos dentro de três níveis representacionais: o *sensorio*, o *microscópico* e o *simbólico*. Segundo Gabel (1993), o nível *sensorio* é caracterizado pelos aspectos macroscópicos de fenômeno químico (experimentos, observáveis e mensuráveis, dentre outros); o nível *simbólico* é caracterizado pela representação abstrata matemática criada para representar o fenômeno químico (símbolos, equações, coeficientes, gráficos e números) e o nível *microscópico* caracterizado pela representação do comportamento cinético-molecular do fenômeno químico (partículas, átomos, íons e moléculas).

Ao se investigar as concepções alternativas dos estudantes a respeito de uma série de diversos fenômenos químicos, constata-se que estas concepções alternativas podem ser categorizadas nestes níveis (GABEL, 1993). Verifica-se, adicionalmente, que, para se ter uma boa compreensão de um fenômeno químico como um todo, é importante se ter uma boa compreensão deste fenômeno químico em cada um destes níveis.

Entender um fenômeno químico envolvendo sistematicamente os três níveis representacionais não é tarefa fácil. Raviolo apud Nurrenbern e Pickering (1987), salienta que dos três níveis, o mais utilizado durante uma exposição teórica em sala de aula consiste no nível simbólico, pela resolução de problemas algorítmico-numéricos. Nem sempre é realizada a resolução de problemas conceituais, que nos levaria a um estudo mais conciso do fenômeno (BEN-ZVI et al., 1986; GABEL et al., 1984; NOVICK; NUSSBAUM, 1978). Por outro lado, quando demonstramos experimentalmente diante de nossos estudantes uma reação química envolvendo produção de gás, alteração de cor ou cheiro, o foco principal é no aspecto macroscópico. Durante a observação da queima de uma vela, por exemplo, possivelmente o estudante irá caracterizar todos os aspectos físicos, como as cores, a fumaça “*preta*”, dirá que se passarmos o dedo pela chama não iremos nos queimar. Porém, se perguntarmos a ele o que acontece com átomos e moléculas durante a reação de queima ou pedirmos para explicar por que a chama é amarela e não vermelha, será que o estudante nos dará uma resposta satisfatória, que envolva estes três níveis de representação química? O nível microscópico é pouco enfatizado, pois decorrem de informações abstratas e invisíveis, fazendo com que os estudantes confiem em suas informações sensoriais a

nível macroscópico (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). Estes mesmos autores esclarecem que, para explicar um determinado fenômeno conectando-o com os três níveis de representação, o estudante necessita possuir conhecimento mais conciso sobre o assunto, além de ter a habilidade de visualização espacial para imaginar o comportamento dos átomos e das moléculas.

No que diz respeito às tecnologias educacionais, ainda não se encontra estabelecido de forma clara, como os modelos computacionais interferem no desenvolvimento de habilidades representacionais (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). No entanto, vários estudos demonstram o valor de usar essas tecnologias para facilitar o ensino de química (NICOL, 2003; HARRISON; TREGUST, 2001; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001; WU et al., 2001; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001, ESQUEMBRE, 2001), proporcionando oportunidades para o feedback e reflexão (ESQUEMBRE, 2001).

De acordo com Esquembre et al. (1998), a utilização de simulações computacionais quando efetuada de maneira correta, possibilita a aquisição de conhecimento mais estável. Manusear programas de simulação que permitem variar determinados parâmetros é considerado por Esquembre et al. (1998) e Papert (1993) como uma forma de “aprender explorando”, o que significa um aspecto muito positivo para o processo de ensino e aprendizagem. É importante lembrar a necessidade de estabelecer objetivos antes de uma atividade de simulação (BIRTA; ÖZMIZRAK, 1996). A atividade será válida e apresentará bons resultados, quando o professor tem claro quais são os seus objetivos e programar com antecedência a sua proposta. Aconselhamos inclusive, a preparação prévia de um guia de simulação. Caso contrário, de nada irá adiantar levar um número considerável de alunos para o Laboratório de Informática e deixa-los frente ao computador. Isso causará dispersão para com a atividade, desestímulo e conseqüentemente não haverá aquisição de conhecimentos. Além disso, o professor deve orientar as atividades, pois nem todos os estudantes apresentam livre iniciativa para manusear e compreender o que está na tela do computador necessitando de sugestões e esclarecimentos (ESQUEMBRE, 1998; KOZMA; RUSSEL, 1997; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001).

Estudantes apresentam concepções espontâneas, tanto no que diz respeito a partículas (átomos e moléculas) quanto a reações químicas. Isso nos leva a crer que, a escolha de um software para equilíbrio químico, deve apresentar características que sejam muito semelhantes ao comportamento microscópico, dentro de uma visão epistemológica consistente com o nível de ensino e seus propósitos. No nosso caso, os estudantes são de ensino médio ou iniciantes no Ensino Superior, dessa forma, escolhemos uma visão mecanicista da natureza atômica, baseada, principalmente, no modelo de Dalton, pois não são usualmente abordadas reações que envolvam explicitamente troca de elétrons e espécies ionizadas. Uma visão não-mecanicista, mais inderteminística (mecânica-quântica), seria deveras desejável, porém, os estudantes necessitam compreender as leis de conservação de massa e energia no modelo microscópico, a ser formado por eles. Assim, os estudantes podem aceitar

este modelo microscópico para descrever reações químicas de forma mais natural, sem que haja introdução de um novo paradigma de descrição atômica na atividade.

Para tentar aumentar a capacidade de associação entre os três níveis de representações, vários pesquisadores têm investigado e sugerido uma variedade de estratégias para ajudar estudantes a desenvolver entendimento conceitual dessas representações químicas (BEN-ZVI, EYLON; SILBERSTEIN, 1986; KEIG; RUBBA, 1993; KOZMA; RUSSEL, 1997) em equilíbrio químico. Uma dessas estratégias baseiam-se na utilização do modelo de mudança conceitual proposta por Posner (1982)<sup>1</sup>, utilizando ferramentas tecnológicas (BARNEA; DORI 1996, KOZMA et al., 1997; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2000) e em particular, simulações computacionais para auxiliar na compreensão destes níveis, principalmente no que diz respeito a fenômenos microscópicos. Desta forma, um programa de simulação em Equilíbrio Químico pode ajudar os estudantes a desenvolver representações mentais nos níveis sensorio, simbólico e microscópico (SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001, CROSIER et al., 2000). No entanto, segundo os mesmos autores, para se atingir este objetivo, estas simulações computacionais deveriam utilizar as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes.

Neste artigo, apresentamos uma revisão bibliográfica da pesquisa em ensino de equilíbrio químico, utilizando estes três níveis de representação e uma categorização das diferentes concepções alternativas (CA'S) apresentadas pelos estudantes. O conhecimento destas concepções alternativas pode ser utilizado, eventualmente, para a escolha de ferramentas de simulação computacional de tal forma a atacar o problema destas concepções alternativas específicas.

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

Foi analisada uma série de artigos desde 1977 até o ano de 2003 para a confecção desta revisão. Durante a leitura dos artigos, dois pontos foram fundamentais: o *report* experimental, advindo de pesquisa em educação química, das concepções alternativas. E que estas concepções possam ser relacionadas aos diferentes níveis de representação de um fenômeno químico.

### **Discussão das concepções alternativas encontradas no Ensino de Equilíbrio Químico**

#### **Falta de compreensão adequada para o comportamento cinético-molecular específico**

---

<sup>1</sup>Aqui se reporta o resultado do levantamento bibliográfico. Para melhor discussão sobre mudança conceitual, suas críticas e um possível enfoque atualizado, recomenda-se Moreira.

Os estudantes apresentam uma grande diversidade de representações mentais de átomos e moléculas, com diversas concepções alternativas (NICOLL, 2003; GRIFFITHS; PRESTON, 1992). Em geral, "...os estudantes não têm uma imagem mental desenvolvida ou acurada de como os átomos se reorganizam em uma molécula específica" (NICOLL, 2003). Eles não necessariamente herdam a representação molecular correta, utilizada em Kits de moléculas. Harrison e Treagust (2001) verificam que estudantes utilizam analogias macroscópicas para explicar o comportamento de partículas, coexistindo a idéia de que átomos são coloridos conforme as bolas dos modelos moleculares utilizados em química orgânica. Tais concepções, à medida que evoluem, criam certa resistência à mudança.

O entendimento de representações em nível microscópico, realmente é o mais deficiente de representações, tornando-se o nível de maior dificuldade, pois apresenta características abstratas e invisíveis, fazendo com que os estudantes confiem nas informações sensoriais, que para eles são mais realísticas (BEN-ZVI; EYLON; SILBERSTEIN, 1986; GRIFFITHS; PRESTON, 1992). Assim, o uso destas representações deve ser enfatizado, durante o processo de ensino, principalmente conectadas com outros níveis de representações químicas. Algumas das concepções alternativas dos estudantes a respeito do conteúdo de Equilíbrio Químico são descritas abaixo.

### **a- Concepção alternativa sobre a Reversibilidade da Reação**

A introdução de conceitos sobre Equilíbrio Químico está diretamente vinculada à concepção de reações químicas, e de reações reversíveis. Quando um sistema atinge o Equilíbrio Químico Dinâmico, ele é tipicamente definido em livros didáticos como sendo uma situação em que "existe uma ação contínua e simultânea de reações contrárias avançando com velocidades iguais" (ATKINS, 2000). Esta afirmação nos faz raciocinar naturalmente no nível simbólico.

O termo utilizado acima envolve a compreensão simbólica do fenômeno, evocando até mesmo a dupla seta que é a representação simbólica de uma reação reversível ( $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ ). Assim, tanto a reação direta ( $aA + bB \rightarrow cC + dD$ ) quanto a inversa ( $cC + dD \rightarrow aA + bB$ ) estão se processando ao mesmo tempo. Dessa forma, equilíbrio químico é definido baseando-se no conceito de reversibilidade de reações químicas.

Esta expressão é compreendida, no sentido de que tanto a reação direta quanto a inversa, está se processando ao mesmo tempo. Isso nos faz refletir indiretamente em aspectos microscópicos, ou seja, moléculas de reagentes através de possíveis colisões sofrem um rearranjo transformam-se em moléculas de produtos que por sua vez, produtos regeneram os reagentes. Simbolicamente, representam-se essas informações através dos gráficos de concentrações e velocidade em função do tempo, além de, naturalmente, a equação química.

Para Nicoll (2003), profissionais em química não encontram tanta dificuldade em modelar e conectar informações em diferentes níveis representacionais, conseguindo inclusive, imaginar e desenhar estruturas microscópicas utilizando modelos tridimensionais e movimento entre essas estruturas. No entanto, a bibliografia sobre dificuldades de aprendizagem sobre equilíbrio químico, identifica problemas conceituais de origem microscópica também em professores (QUÍLEZ-PARDO; SOLAZ-PORTOLÉS, 1995), representando inclusive, uma das causas para o aparecimento de concepções errôneas nos estudantes. Professores e particularmente alunos, não necessariamente são capazes de conectar os níveis de representação ao mesmo tempo, apresentando, portanto deficiências no conceito de Equilíbrio Químico.

Para estudantes que estão iniciando um curso de química, a representação mental de ordem microscópica envolvendo reações químicas não ocorre tão facilmente, e várias são as concepções espontâneas apresentadas pelos estudantes. Van Driel apud Anderson (1990), afirma que alguns estudantes explicam fenômenos químicos em termos de mudanças físicas (mudança de estado físico), além de considerar a matéria (no nível representacional sensório) estática (sem movimento inerente) e contínua (sem ocorrência de transformações).

Esta concepção de matéria estática e contínua pode ter origem na confusão estabelecida em nível sensório e microscópico. Van Driel apud Anderson (1990) afirma que os estudantes estabelecem analogias entre o conceito de reações químicas com fatos do dia a dia, com fenômenos observáveis como mudança de cor, evaporação de gás e precipitação, além de insistirem na concepção, de que reações sempre se completam, inexistindo a idéia da ocorrência de reversibilidade e conseqüentemente afirmam que as reações ocorrem em uma única direção. Com isso, a idéia de que uma substância pode ser transformada em outra não é facilmente aceita, assim como a idéia de reversibilidade.

Assim, para que o aluno desenvolva uma compreensão mais acurada do caráter reversível do equilíbrio químico, deve ser apresentada, quando em estado de equilíbrio, uma representação microscópica, onde moléculas estão constantemente reagindo; ligada a uma representação simbólica, onde contagem de moléculas de reagentes e produtos seja constante, embora as suas velocidades de reação sejam iguais, mas não nulas. No nível de representação macroscópico, não se apresentam mudanças visíveis. Quando as reações ainda não chegaram ao equilíbrio químico, devem ser apresentadas ao aluno representações correspondentes. Este tópico será detalhado mais adiante, na aproximação ao equilíbrio.

## **b- Equilíbrio químico dinâmico**

A natureza do equilíbrio dinâmico demanda o prévio entendimento de reações químicas, tanto em sua representação simbólica, através de fórmulas e coeficientes, bem como a compreensão do seu caráter microscópico, supondo que a matéria tenha movimento e transformações de substâncias e, não a caracterizando como estática e contínua (VAN DRIEL, 1998). Além disso, a incapacidade de representar mentalmente

reações, imaginando agregados de átomos formando moléculas, bem como a atividade cinética das moléculas é uma causa de tantas concepções errôneas encontradas sobre o caráter dinâmico do Equilíbrio.

Sob o ponto de vista dos níveis de representação dos fenômenos químicos, o equilíbrio dinâmico deveria ser entendido nos três níveis. No nível macroscópico, são poucas as reações que poderiam possibilitar a diferenciação entre o equilíbrio estático e o dinâmico. Uma reação possível requer a marcação radioativa de determinadas espécies envolvidas em uma reação química, como exemplificada abaixo.

Para exemplificar esta situação, vamos utilizar como exemplo, a reação  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ , que representa um sistema de substâncias homogêneas no estado gasoso, e em equilíbrio químico dinâmico. Macroscopicamente, iremos observar que na medida em que a reação citada alcança o estado de equilíbrio dinâmico, a cor púrpura do gás  $I_2$  vai diminuindo até estabilizar em uma cor mais clara. Porém, apesar da alteração da cor, não é possível constatar evidências do processo dinâmico desta reação, ou seja, o nível sensorio não convence os estudantes de que, microscopicamente, as moléculas continuam interagindo formando, ao mesmo tempo, reagentes e produtos. No entanto, vamos adicionar a este sistema em equilíbrio, a mesma concentração dos gases  $H_2$ ,  $I_2$  e  $HI$  sendo que o gás  $I_2$  é radioativo. Se, através de equipamentos adequados, acompanharmos a evolução desta reação, depois de adicionadas as partículas de  $I_2$  radioativas, verificaremos que depois de certo tempo, além das partículas radioativas de  $I_2$  também haverá moléculas de  $HI$  radioativas. Desta maneira, é possível visualizar a ocorrência desta reação, através das moléculas radioativas presentes no sistema. Ou seja, macroscopicamente, esta é uma das únicas evidências observáveis de reações em equilíbrio químico dinâmico.

### **c- Visualização de sistemas em Equilíbrio Compartmentalizados**

Conforme estudos de Solomonidou e Stavridou (2001), os estudantes apresentam muitas dificuldades em imaginar que reagentes e produtos encontram-se em um mesmo sistema. Ao invés disso, expressam cada substância da equação em recipientes separados. Percebe-se que existe uma grande confusão ao relacionar o simbolismo da reação com o nível microscópico, isto detectado através de desenhos.

Esta concepção pode ter a sua origem em analogias mecânicas e físicas, como por exemplo, uma balança, em que há compartimentalização (JOHNSTONE, 1977). Para Andréa horta (1996), este fato pode ter origem até mesmo no uso das equações químicas separadas pela dupla seta, tratando separadamente reagentes e produtos.

Outra consideração importante refere-se ao fato de que os estudantes desenhavam sistemas abertos para as substâncias gasosas (SOLOMONIDOU; STAVIDROU, 2001). Estes autores salientam a insuficiente representação mental apresentada pelos estudantes sobre conceitos em nível microscópico. Os estudantes não conseguem articular ambos os níveis macroscópico e microscópico.

## **d- Analogia molar**

Os estudantes apresentam concepções alternativas entre os coeficientes estequiométricos da equação e as quantidades das concentrações das substâncias presentes em uma reação química. Alguns apresentam a concepção de que, no equilíbrio químico, as concentrações de reagentes e produtos é a mesma. Ou então, fato mais comum, que as concentrações tanto dos reagentes quanto dos produtos é igual aos coeficientes estequiométricos da reação (HAMEED et al., 1993; HACKLING; GARNETT, 1985; CACHAPUZ; MASKILL, 1989; GORODETSKY; GUSSARSKY, 1986; NURRENBERN; PICKERING, 1987).

## **e- Aproximação do equilíbrio químico**

Segundo Hameed et al. (1993), dentro da categoria “aproximação do equilíbrio”, os estudantes imaginam que “as taxas de reação, tanto direta quanto inversa, aumentam simultaneamente à medida que o equilíbrio se aproxima”. Outra concepção dentro desta mesma categoria é apresentada por Niaz (2001). “Após a reação ter iniciado, a taxa de reação direta aumenta com o tempo e, a taxa de reação inversa diminui, até que o equilíbrio é alcançado”. Além desta, Niaz (1995) também cita uma concepção freqüente dos estudantes, ao qual considera apenas o processo direto da reação. A concepção é de que “a taxa da reação direta aumenta com o tempo, até que o equilíbrio é estabelecido”. Segundo Niaz (1995), esta concepção ocorre devido à incompreensão da diferenciação entre uma reação reversível e uma que se completa.

Uma atividade apresentada por Wilson (1998) foi desenvolvida com a finalidade de demonstrar aos estudantes que a taxa de reação direta diminui e a taxa de reação inversa aumenta como passar do tempo. No equilíbrio, ambas as taxas devem ser iguais.

A atividade consiste em dividir a turma em dois grupos, um deles representando os reagentes e o outro os produtos. Utilizando o próprio corpo, eles se movem de acordo com as regras estabelecidas do jogo, seguindo o mesmo processo de uma reação química reversível. Esta analogia pode ser útil para: Demonstrar o caráter dinâmico de uma reação; verificar que as concentrações permanecem constantes e não iguais no equilíbrio; o sistema está em permanente movimento e verificar a taxa de reação direta e inversa.

Nesta última, a taxa de reação pode ser analisada tanto em nível simbólico pela contagem quanto em nível microscópico. Uma representação está diretamente conectada à outra.

## **f- Princípio de Le Chatelier**

A aplicação do Princípio de Le Chatelier não representa ser um aspecto difícil aos estudantes, quando aplicado de forma mecanicista (SOLOMONIDOU;

STAVRIDOU, 2001). No entanto, verifica-se na resolução de problemas que envolvem um conhecimento mais profundo e um maior controle das variáveis envolvidas que, grande parte dos estudantes é incapaz de efetuar a resolução. Isto se deve principalmente, à ênfase dada em sala de aula dos aspectos quantitativos sobre os qualitativos (SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001).

Segundo Banerjee (1991), a porcentagem de algumas concepções alternativas são maiores em professores do que em estudantes. Por este motivo, hipótese sugerida pelo autor é que os professores apóiam-se na exclusividade e certeza do Princípio, sem a resolução de problemas mais crítica e reflexiva do assunto, sendo esta uma possível origem das concepções dos estudantes.

Concepções alternativas decorrentes da perturbação de um sistema em equilíbrio ocorrem, sobremaneira, com foco nas seguintes variáveis de estado:

### **Concentração**

De acordo com Raviolo et al. (2000), alguns estudantes não conseguem comparar “as velocidades de uma situação de equilíbrio após a perturbação, com as velocidades iniciais”. Alguns consideram apenas o sentido direto da reação, ignorando o processo inverso. Uma das alternativas apresentadas é “o sistema sendo alterado por um aumento da concentração de um reagente, provocando um aumento na velocidade direta e produzindo um aumento na concentração dos produtos”.

### **Temperatura**

Muitas das concepções apresentadas pelos estudantes estão relacionadas com analogias utilizadas de maneira incorreta durante o processo de aprendizagem (JOHNSTONE, 1977). Por exemplo, “quando um sistema em equilíbrio for perturbado por um aumento da temperatura, isto implica a concepção de um aumento de ambas as velocidades, direta e inversa”. Este fato pode ser induzido pela utilização da teoria das colisões com o comportamento cinético-molecular das partículas (RAVILOLO et al., 2001).

Outra concepção apresentada é de que quando “a temperatura é diminuída em uma reação exotérmica, a taxa de reação direta aumenta”, (BANERJEE, 1991). De acordo com o autor, a concepção alternativa apresentada pelos estudantes e professores no estudo realizado, demonstra que um valor alto para a constante de equilíbrio implica uma reação mais rápida. Conforme o autor, eles interpretam a taxa de reação usando o Princípio de Le Chatelier.

O quadro a seguir identifica autores e as respectivas concepções alternativas relacionadas com o conceito de Equilíbrio Químico:

## I. Reversibilidade

CONCEPÇÃO ALTERNATIVA	AUTOR
Incorreta interpretação da dupla seta.	Cros et al. (1984); MacDonald & Webb (1977); Johnstone et al. (1977).
Dificuldades de compreensão sobre o que ocorre com as velocidades direta e inversa quando o sistema se aproxima do equilíbrio.	Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (2001).
Após a reação direta se completar, inicia a reação inversa.	Furió & Ortiz (1983); Raviolo et al. (2001).

## II. Equilíbrio Químico Dinâmico

O Equilíbrio Químico não é dinâmico, mas estático.	Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (1997).
No Equilíbrio, as concentrações não se mantêm constantes, mas variam constantemente, assim como a reação oscila entre reagentes e produtos	Furió & Ortiz (1983); Gorodetsky & Gussarsky (1986); Cachapuz & Maskill (1989)

## III. Visualização de Sistemas em Equilíbrio Compartimentalizados

Reagentes e produtos compartimentalizados.	Furió & Ortiz (1983); Johnstone et al. (1977); Gorodetsky & Gussarsky (1986); Cachapuz & Maskill (1989).
Sistemas abertos para gases	Solomonidou & Stavridou (2001)

## IV. Analogia molar

As concentrações de Equilíbrio são iguais aos coeficientes estequiométricos da equação.	Furió & Ortiz (1983);
No equilíbrio, as concentrações de reagentes e produtos são iguais.	Hackling & Garnett (1985); Gorodetsky & Gussarsky (1986).

## V. Aproximação do Equilíbrio Químico

A taxa de reação, tanto direta quanto inversa, aumenta à medida que o Equilíbrio é atingido.	Hameed et al. (1993)
Após a reação ter iniciado, a taxa de reação direta aumenta com o tempo e, a taxa de reação inversa diminui, até que o equilíbrio é alcançado.	Niaz (2001)

## VI. Aplicação do Princípio de Le Chatelier em sistemas em Equilíbrio Químico

Um aumento na concentração de reagentes, a taxa da reação inversa diminui.	Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985). Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (1997).
O sistema quando alterado por um aumento da concentração de reagentes provoca, um aumento na velocidade direta e conseqüentemente um aumento na concentração dos produtos.	Raviolo et al. (2000) .
Um aumento da temperatura, a taxa da reação direta diminui.	Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985).
Se a temperatura é diminuída em uma reação exotérmica, a taxa de reação direta aumenta.	Banerjee (1991).
Se a temperatura tende a aumentar, as velocidades direta e inversa também aumentam.	Raviolo (2001)
Uma redução do volume, a taxa de reação inversa diminui.	Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985).
O efeito de catalisadores sobre o Equilíbrio Químico	Johnstone (1977); Hackling & Garnett (1985); Gorodetsky & Gussarsky (1986).

## CONCLUSÕES

Existem vários trabalhos relatando as concepções alternativas em diversos tópicos de química, e, em geral, não é fácil encontrar estas concepções a não ser por um extenso trabalho de revisão bibliográfica. Este foi o propósito deste artigo, que deixa para a comunidade esta relação de concepções alternativas intimamente associadas com o fenômeno de aprendizagem de Equilíbrio Químico, categorizadas dentro do enfoque de Gabel dos diferentes níveis de representação de um fenômeno químico.

## REFERÊNCIAS

- BANERJEE, A. C. Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of science education*, v.3(4), 487-497, 1991.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Science*, v.36, pp.629-636, 1996.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical Education*, v.63, pp.64-66, 1986.
- BERGQUIST, W.; HEIKKINEN, H. Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v.67, pp. 1000-1003, 1990.

BIRTA, L. G.; ÖZMIZRAK, F. N. A Knowledge-Based Approach for the Validation of Simulation Models: The Foundation. *ACM Transactions on modeling and computer Simulation*, v.6(1), pp.76-98, jan., 1996.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. Jr.; BURSTEN, B. E. *Química: Ciência Central*. 7.ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1999.

CAMACHO, M.; GOOD, R. Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26(3), pp.251-272, 1989.

CROSIER, J. K.; COBB, S. V. G.; WILSON, J. R. Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity. *Education and Information Technologies*, v.5(4), pp. 329-343, 2000.

ESQUEMBRE, F. Unidades Didáticas en física utilizando simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML. *Atas do IV Congresso RIBIE*, Brasília, 1998.

ESQUEMBRE, F. Computers in Physics Education. *Computer physics communications*, pp.1-7, 2001.

FURIÓ, C. J.; ORTIZ, E. Persistência de errores conceptuales en el estudio del Equilibrio Químico. *Enseñanza de Las Ciencias*, pp.15-20, 1983.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. D.; ENOCHS, L. Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, v.21, pp.221-233, 1984.

GABEL, D.; Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 1993.

GARNETT, P.; HACKLING, M. W. Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*. v.25, pp.69-95, 1995.

GRIFFITHS, A. K.; PRESTON, K. R. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29(6), pp.611-628, 1992.

GUSSARSKY, E.; GORODETSKY, M. On the concept "chemical equilibrium": The Associative Framework. *Journal of research in science teaching*, v.127(3), pp.197-204, 1990.

HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. *European Journal of Science Education*. v.7(2), pp.205- 214, 1985.

HAMEED, H.; HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education*, v.15(2), pp.221-230, 1993.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science*. v.29, pp.45-85, 2001.

JOHNSTONE, A. H., MACDONALD, W. G. Chemical Equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*. 14, 169-171, 1977.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v.30(8), pp.883-903, 1993.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. *Química e reações químicas*. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 2002.

KOZMA, R. B.; RUSSEL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, v.34(9), pp.949-968, 1997.

MASKILL, R.; CACHAPUZ, A.F.C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education*, v.11, n.1, p.57-69, 1989.

NICOLL, G. A Qualitative Investigation of Undergraduate Chemistry Student's Macroscopic Interpretations of the Submicroscopic Structure of Molecules. *Journal of Chemical Education*, v.80(2), February, 2003.

NOVICK, S.; NUSSBAUM. Junior high school pupil's understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, v.72, pp.273-281, 1978.

NURRENBERN, S.; PICKERING, M. Concept learning versus problem solving: is there a difference? *Journal Chemical Education*, v.64(6), pp.508-510, 1987.

PAPERT, S. *Mind storms: Children, Computers and Powerful Ideas*. 2.ed. New York: Basic Books. p.393.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v.66(2), pp.211-227, 1982.

QUÍLEZ-PARDO, J.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. Errores Conceptuales en el estudio del Equilibrio Químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del Principio de Le Chatelier. *Enseñanza de Las Ciencias*, v.13(1), pp.72-80, 1995.

QUÍLEZ-PARDO, J; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. Student's and teacher's Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium. *Journal Research in Science Teaching*, v.32(9), pp.939-957, 1995.

RAVILOLO, A. et al. *Son dinamicos los equflibrios para alumnos universitarios?* Trabajo presentado en las terceras Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Química. Vaquerías. Córdoba. Argentina. 1997.

RAVILOLO, A et al. Logros y dificultades de alumnus universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Educación Química*, v.12(1), pp.18-26, 2000.

SOLOMONIDOU, Cristina; SPEARS, L. G. Jr; SPEARS, L. G. Chemical storage for solar energy using an old color change demonstration. *Journal of Chemical Education*, v.61, pp.252-254, 1984.

STAVRIDOU, H. Design and Development of a Computer Learning Environment on the Basis of Student's Initial Conceptions and Learning Difficulties about Chemical Equilibrium. *Education and information Technologies*, v.6(1), pp.5-27, 2001.

TSAPARLIS, G; KOUSATHANA, M.; NIAZ, M. Molecular Equilibrium Problems: Manipulation of Logical Structure and of M-Demand, and Their Effect on Student's Performance. *Science Education*, v.82, pp.437-454, 1998.

VAN DRIEL, J. H. Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, v.20(4), pp. 379-392, 1998.

WU, H.-K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Student's use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v.38(7), pp.821-842, 2001.

**Recebido em:** nov. 2007    **Aceito em:** dez. 2007

# Normas editoriais

## 1. MODALIDADES DE PUBLICAÇÃO

1.1 - artigos que expressem opiniões e posicionamentos acerca de questões atuais das Ciências Naturais e Exatas, cientificamente embasados.

1.2 - resenha crítica de obras relativas a essas áreas, resumo de teses, comunicações, documentos;

1.3 - matérias de divulgação da Universidade;

1.4 - matérias informativas sobre participação em eventos científicos e tecnológicos.

## 2. APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

2.1 - os artigos deverão ser apresentados em CD ou disquete, de preferência em Microsoft Word ou similar, acompanhados de duas cópias impressas. Todo material anexo deve estar digitalizado.

2.2 - o texto dos artigos deverá ter de 10 a 20 laudas; o texto de resenhas ou outra modalidade de comunicação não deverá ir além de 10 laudas;

2.3 - um resumo de seis (6) a doze (12) linhas, com o nome do artigo e com o nome dos autores, em língua portuguesa e em língua inglesa, deverá introduzir o artigo, juntamente com palavras-chave;

2.4 - a apresentação deverá conter: identificação, com título, subtítulo (se houver), nome(s) do(s) autor(es), maior titulação acadêmica, cargo atual e instituição em que exerce suas funções; telefones e endereços particular e profissional;

2.5 - citações, referências bibliográficas e notas de rodapé deverão seguir as normas da ABNT, ou, excepcionalmente, em casos devidamente justificados, de outro sistema de reconhecido valor científico;

2.6 - a estrutura do artigo será a de um trabalho científico, contendo partes tais como: introdução, desenvolvimento, material, métodos, resultado, discussão, conclusão, segundo as características específicas de cada matéria.

## 3. PUBLICAÇÃO

3.1 - os trabalhos remetidos para publicação serão submetidos à apreciação do Conselho Editorial ou de outros consultores por este designados, de acordo com as especificidades do tema. Em se tratando de material elaborado por aluno(s), o mesmo deverá estar visado por um professor da área;

3.2 - os autores serão comunicados, através de correspondência, da aceitação ou recusa de seus artigos. A Comissão Editorial não se responsabiliza pela devolução dos originais remetidos;

3.3 - havendo necessidade de alteração quanto ao conteúdo do texto, será sugerido ao autor que as faça e devolva no prazo estabelecido; adequação lingüística e copidescagem estão a cargo da Comissão Editorial;

3.4 - os trabalhos devem ser encaminhados para:

### Revista Acta Scientiae

Universidade Luterana do Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Av. Farroupilha, 8001, - Prédio 14, sala 218

92425-900 Canoas/RS - Brasil

E-mail: actascientiae@ulbra.br

Fone: (51) 3477.9278