O QUE É CONTRADIÇÃO? ALGUMAS DE SUAS POSSÍVEIS ACEPÇÕES[+][*]

Jenner Barretto Bastos Filho
Depto de Física – UFAL
Maceió – AL

Resumo

O termo contradição *pode assumir várias acepções, fato esse que, muito freqüentemente, é fonte de grandes mal-entendidos. Identificamos quatro dessas acepções e discutimos alguns equívocos. A primeira delas é a estritamente* lógica *e para discuti-la trazemos à baila cinco exemplos elucidativos. A segunda acepção em nada se contrapõe à primeira e expressa muito mais uma linguagem elástica na qual surgem* interesses distintos e antitéticos *de pessoas e/ou de grupos sociais. A terceira apresenta várias gradações, mas pode ser caracterizada à luz de uma heurística positiva que aproveita inconsistências para dar saltos sem esquecer de uma necessária reconstrução racional em uma instância posterior. A quarta se enquadra nas várias gradações de* idealizações *que usam o guia metodológico 'contradizer para melhor descrever'. Argumentamos que, em nenhuma das quatro acepções estudadas, o princípio da contradição da lógica sofre qualquer abalo.*

Palavras-chave: *Contradição, diversas acepções, mal-entendidos.*

Abstract

The term contradiction *can assume several different meanings. Frequently this fact constitutes source of misunderstanding. In this paper we identify four of these meanings. The first of such meanings concerns the strict sense of logic. In order to discuss it in an appropriate manner we consider five examples of physics and mathematics. The second meaning concerns the struggle among groups expressing conflicts of interests. The third one constitutes the*

[+] What is Contradiction? Some possible meanings

[*] *Recebido: novembro de 2002.*
Aceito: abril de 2003.

existing inconsistence among established theories which are combined, and the forth one concerns the idealizations which 'falsify' the reality, but, on the other hand, works as a methodological guide in order to better describe the reality itself. We argue that the three last meanings are not in conflict with the first one concerning logic.

Keywords: *Contradiction, several meanings, misunderstandings.*

I. Introdução

O termo *contradição* é de fundamental importância na vida cotidiana das pessoas, quaisquer que sejam as suas atividades. Deste modo, delegados e investigadores de polícia, professores, cientistas, vendedores da feira de frutas e legumes, juízes de direito, enfim, quaisquer que sejam as pessoas e em quaisquer ramos de atividade, se deparam com um ou mais significados atribuídos ao termo *contradição*.

Por exemplo, na elucidação de um crime, parte-se do pressuposto segundo o qual as suas possíveis versões não devam se contradizer. O processo de elucidação constitui-se na eliminação de todas as contradições e na procura de um núcleo mínimo de compatibilidade. Se este não for possível, as versões analisadas devem ser abandonadas. Se houver um núcleo mínimo de compatibilidade a ser preservado, provisória ou permanentemente, deve constituir-se apenas daquilo que não se contradiga.

Também no que diz respeito a um fenômeno natural, ou a uma classe de fenômenos naturais, a teoria a ser elaborada para a explicação correspondente deverá ser livre de contradição com fatos reiteradamente observados e, além disso, deverá ser consistente, isto é, livre de contradições internas. Em outras palavras, a teoria não deverá dizer ou desdizer algo sob o mesmo aspecto, tampouco poderá conter em seu seio inconsistências matemáticas.

Do que foi escrito nos três parágrafos acima poderíamos dizer que isso constitui, em larga medida, um consenso entre as pessoas. Mas, se fosse apenas isso, não haveria tantos mal-entendidos. Em relação a eles, podemos dizer que nem a história da matemática – que para muitos ainda é uma disciplina de certezas absolutas – pôde escapar.

Há mais de dois milênios, desde os tempos de Aristóteles as três leis basilares da lógica vêm sendo consideradas sacrossantas e intocáveis[1] (BOYER, 1990, 703); elas são respectivamente: a lei da identidade, segundo a qual A é A; a lei da contradição, segundo a qual A não pode ser simultaneamente, e sob o mesmo aspecto, B e não B; e a lei do terceiro excluído, segundo a qual A é ou B ou não B, e não há uma

---

[1] Boyer, C. B. **Storia della Mathematica**. Milão: Oscar Saggi Mondadori, cap. 27, seção 9, p. 703, 1990.

terceira alternativa. Podemos adiantar que hoje em dia não há consenso de que essas leis sejam intocáveis.

Por exemplo, a escola intuicionista da matemática, através de Brouwer – um de seus principais líderes– manifestava sérias restrições em relação ao princípio do terceiro excluído. Perguntava ele aos membros das escolas rivais, principalmente aos formalistas capitaneados por Hilbert, se era verdadeiro ou falso o comparecimento, em qualquer ponto da representação decimal do número π, da sucessão de cifras 123456789. Argumentava Brouwer que, em vista da inexistência de qualquer método para decidir entre verdade e falsidade para este problema, então, uma terceira alternativa se configuraria e, deste modo, a lei do terceiro excluído perdia sustentação. O princípio do terceiro excluído também sofreu abalo com o grande impacto causado pelo teorema da incompleteza de Gödel (KLINE, 1980: 264). Tendo em vista que há proposições em relação às quais não é possível provar nem a sua veracidade, nem a sua falsidade, então, mais uma vez, uma terceira alternativa se configuraria, acarretando em comprometimento desse princípio. Há, além disso, autores que não consideram até mesmo o princípio da contradição como algo intocável; argumentam eles que não é necessário ter medo das contradições e, deste modo, defendem outras lógicas[2] que, segundo os seus pareceres, são tão legítimas quanto a lógica clássica. Um exemplo ilustre é o Professor Newton da Costa (DA COSTA, 1980; DA COSTA, 1995), que é um dos proeminentes criadores da lógica paraconsistente. No entanto, o nosso trabalho não se apóia, em instância alguma, nas idéias expostas nos interessantes ensaios de Da Costa. Podemos dizer, inclusive, que o nosso trabalho tem outros propósitos bem diferentes.

O nosso plano neste trabalho é argumentar em defesa da tese segundo a qual existem, pelo menos, quatro acepções distintas para o termo contradição e nenhuma delas significando, necessariamente, a mesma coisa que as demais. Podemos listar as seguintes acepções:

- Contradição no sentido eminentemente lógico.
- Contradição no sentido de interesses distintos e antitéticos.

[2] Agradecemos a um dos árbitros do presente trabalho que nos fez notar que *"quando efetivamente axiomatizados, os sistemas de lógicas alternativas retêm, como metalógica, a lógica clássica"*. Agradecemos, outrossim, por ele ter trazido à baila a interessante citação seguinte: "*Num cálculo que não reconheça a lei do terceiro excluído, uma fórmula dada não é menos susceptível de receber uma avaliação bem determinada: ela tem ou não tem o terceiro valor; é sim ou não, sem terceiro. Um cálculo que não reconheça a lei da contradição cuida absolutamente de não cair ele mesmo em contradição, o que lhe retiraria todo o interesse. Noutros termos, as regras metalingüísticas que servem para elaborar as linguagens ou cálculos não clássicos permanecem as mesmas da lógica clássica."* (BLANCHÉ, 1983: 131 apud referee).

• Contradição no sentido da junção, da justaposição, da interpretação, ou ainda, da combinação de teorias incongruentes, ou seja, de teorias que contenham um ou mais aspectos díspares entre si.

• Contradição no sentido da disparidade entre os elementos adotados para a descrição matemática da realidade com os elementos que constituem em propriedades objetivas da própria realidade descrita.

II. Mote para discussão a partir de um caso concreto

Na tarde de 3 de maio de 2001, teve lugar no Senado da República Federativa do Brasil um acontecimento inusitado. Tratava-se de uma acareação envolvendo três pessoas: o senador Antônio Carlos Magalhães (ACM), o senador Arruda, do Distrito Federal, e a Sra. Regina, responsável pelo painel eletrônico do Senado da República.

O problema que motivou a acareação foi gerado por um acontecimento no dia em que se deu a votação, realizada no âmbito do senado federal, a qual redundou na cassação do mandato do senador Luiz Estevão. De acordo com o que posteriormente os peritos da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) concluíram, não houve alteração do resultado da votação. No entanto, também ficou evidente no decorrer de diversos desdobramentos ulteriores, que o aspecto sigiloso do resultado (voto explícito de cada senador de "per si") houvera sido violado. Esses desdobramentos somente afloraram alguns meses após a sessão que cassou o mandato do senador Luiz Estevão.

Desdobramentos posteriores revelaram que o episódio envolvia 3 personagens mais ativos, exatamente os três personagens que deveriam ser acareados a fim de que fossem dirimidas as dúvidas diante das diferentes versões apresentadas.

A tônica que nos interessa aqui diz respeito ao termo CONTRADIÇÃO, em uma ou mais de suas possíveis acepções.

Tão logo começou a sessão, percebeu-se, de imediato, que a palavra "contradição" seria usada reiteradas vezes.

Perguntou-se à Sra. Regina se a suposta ordem que ela houvera recebido do senador Arruda (o qual se dizia autorizado por ACM para falar à Sra. Regina em nome do próprio ACM), a fim de que ela lhe entregasse a lista explícita dos votantes acrescida dos respectivos votos, era, de fato, uma ordem, ou simplesmente um conselho, ou ainda, meramente, um pedido. A Sra. Regina respondeu que, quanto à possibilidade de ter se constituído em conselho, ela a descartaria de princípio; além disso, argumentou que, entre pedido e ordem, e a depender de quem o faça, a linha demarcatória é bastante tênue.

Os senadores que compunham a Comissão de Ética do Senado Federal enxergavam contradição entre os termos *pedido*, *conselho* e *ordem* (primeira contradição alegada).

Os senadores interrogadores também achavam que haveria contradição no fato de que, em uma das versões veiculadas, o telefonema dado por ACM para a Sra. Regina, após a violação do caráter sigiloso da sessão do senado, ora em consideração, era de *agradecimento*, enquanto em outra versão, o telefonema era para *tranqüilizar* (segunda contradição alegada).

Em um outro momento, o senador Jefferson Peres havia perguntado aos dois senadores em questão (primeiro a um e depois ao outro) se o senador ACM houvera, de fato, autorizado o senador Arruda para falar à Sra. Regina em seu (de ACM) nome. O senador Arruda confirmou que o senador ACM lhe houvera autorizado a solicitar a lista secreta à Sra. Regina em seu (de ACM) nome, enquanto ACM negou que tivesse dado tal autorização, tanto naquela quanto em qualquer outra instância.

O senador Jefferson Peres concluiu que haveria ali uma contradição e que, portanto, alguém estaria mentindo (terceira contradição alegada).

Teçamos, pois, algumas considerações em relação ao que foi escrito acima. Ainda que, muito provavelmente, a maioria dos senadores da Comissão de Ética do Senado jamais tenha freqüentado um curso de lógica formal, eles são pessoas astutas e, seguramente, usam a lógica em seus procedimentos políticos, no relacionamento com os seus eleitores e em diversas outras situações, de uma maneira inteiramente análoga àquela com a qual todas as pessoas razoavelmente sensatas, que não queiram se deparar com absurdos flagrantes, também a usam.

No entanto, haveremos de convir que a primeira contradição alegada não é do mesmo nível que a que conduz ao "mesmo número ser par e ímpar", e também não é do mesmo nível da contradição que implica em "zero ser igual a um".

Reportemo-nos à primeira contradição alegada. Ora, quando se diz que dependendo de quem dê a ordem, esta poderá soar como um mero pedido e que também um mero pedido pode soar como uma ordem imperativa e ameaçadora, transporta-se para o terreno da ambigüidade da linguagem e para o terreno da subjetividade tais categorias. Desse modo, a flexibilidade que emerge de uma tal situação revela-se considerável e, com essa, a linha fronteiriça torna-se bastante débil. A subjetividade falaria com todas as letras pois, quem recebe a "ordem/pedido" atribui significado, segundo os seus critérios subjetivos, a uma situação objetiva que pode, inclusive, redundar em uma demissão, em uma perseguição explícita no emprego ou, até mesmo, em uma benesse desproporcional. Não colocaríamos isso como algo que implique uma contradição lógica, mas sim como uma zona de sombra resultante de uma ambigüidade e de uma imprecisão de linguagem.

No que diz respeito à segunda contradição alegada, talvez ainda possamos dizer que a situação é ainda mais débil, pois os termos "agradecer" e "tranqüilizar" não são nem antitéticos e nem mesmo contraditórios. Efetivamente, o telefonema de ACM para a Sra. Regina pode ter sido tanto de um agradecimento tranqüilizador, quanto de uma tranqüilidade agradecida. Em outras palavras, *agradecer* e *tranqüilizar* são coisas que podem ter lugar simultaneamente, sem que isso implique em qualquer contradição, quer seja em nível lógico ou empírico.

No que concerne à terceira contradição alegada, essa difere substancialmente das duas primeiras. Nesse caso, não é possível que ACM tenha e não tenha autorizado a iniciativa de efetuar a violação do caráter sigiloso da votação em questão. A coexistência da autorização com a não autorização constitui-se, verdadeiramente, em uma contradição. Pode-se, uma vez mais, apelar para a ambigüidade da linguagem e para o caráter fluído das interpretações subjetivas, tal como dizer que o que Arruda leu como uma autorização, ACM não o leu como tal. No entanto, uma suposta ambigüidade fica mais difícil de se sustentar na prática, na medida em que ACM declarou ter tido acesso à lista e ter estranhado certos votos que, segundo o que ele mesmo disse – em alto e bom som– lhe foram surpreendentes. Além disso, ACM declarou ter tido razões de estado para destruir a lista e violar um preceito constitucional, pois a "garantia" do funcionamento correto do senado era o que ele estaria "zelosamente" preservando em nome dos interesses da República e das instituições.

Tomamos o exemplo da acareação que teve lugar no Senado Federal como um mote para discutir o problema da contradição, a fim de ilustrar como essa palavra assume, na linguagem coloquial, significados muito pouco rigorosos e, até de certa forma, arbitrários. A fim de emprestar um pouco mais de rigor ao tema vamos proceder a uma enumeração de algumas das possíveis acepções para esse termo e, após isso, implementar uma discussão sobre este assunto bastante importante.

Na literatura, a palavra contradição assume conotações de naturezas lógica, epistemológica, ontológica, empírica, interpretativa, entre, possivelmente, outras mais. Muito freqüentemente, entre dois dados interlocutores há mal-entendidos, originados simplesmente pelo fato de que eles falam coisas distintas, o que resulta, evidentemente, em um diálogo de surdos e, por conseguinte, na construção de uma enorme torre de Babel sobre o assunto.

Vejamos alguns argumentos que serão desenvolvidos posteriormente:

As contradições lógicas, tais como a incorporação de afirmativas como 0=1 (zero é igual a um) e a admissão, enquanto legitimidade, do mesmo número poder ser par e ímpar simultaneamente, não são aceitáveis no corpo da matemática.

Se tais contradições fossem incorporadas, destruir-se-ia o discurso racional. Destruiríamos, por exemplo, a fertilidade do problema da constante de estrutura fina em física e o problema da incomensurabilidade na matemática. Em outras palavras, se incorporássemos o absurdo, então, qualquer coisa poderia ser dita sobre qualquer outra coisa com o mesmo estatuto lógico (ou ilógico).

No entanto, se as contradições são vistas como algo que devemos superar –tais como nos mostram a dialética socrática e platônica da maiêutica e o movimento da tríade "tese/antítese/síntese" na esfera do pensamento e no processo do raciocínio– então, devemos concluir que isso estimula o discurso racional, posto que os diversos graus de síntese que têm lugar no processo constituem-se em uma melhoria em relação ao quadro contraditório anterior. Em outras palavras, não é a contradição propriamente dita que é boa, mas a oportunidade de que ela atue como mola propulsora para que se dê o movimento triádico que redunde na sua superação.

Há que se distinguir entre vários e muito diferentes sentidos para a palavra contradição, posto que ela assume diferentes acepções. Deste modo, trata-se de algo muito diferente se dizer que os interesses do burguês e do proletário são contraditórios (ou que entre eles há contradições de interesses na medida em que pertencem a classes sociais distintas) e se assumir, por outro lado, que "0 =1", ou ainda, que "um mesmo número pode ser par e ímpar".

As duas espécies ou acepções de contradição referidas acima são muito diferentes entre si e também diferem da espécie de contradição emanada pela junção e/ou pela combinação de teorias incongruentes.

E, ainda mais, todos os três tipos (ou espécies ou acepções) para o termo contradição diferem de um quarto tipo, o qual se relaciona com o choque flagrante com o que se assume (ou se pressupõe) na descrição da realidade com o que se sabe solidamente acerca da realidade.

É possível, ainda, se usar a palavra "contradição" no sentido das propensões antitéticas que ocorrem na natureza. Por exemplo, é possível interpretar a estabilidade do Sol como a resultante de um equilíbrio entre forças gigantescas que atuam como tendências exatamente opostas. O mesmo se dá em relação à estabilidade do átomo e à ordem de grandeza da altura de uma montanha. No que concerne ao equilíbrio dinâmico da competição entre as espécies que vivem no ambiente natural modulado pelo espaço construído, um exemplo emblemático refere-se às relações entre presas e predadores. Essas propensões antitéticas (ou tendências opostas) nada têm a ver com quaisquer que sejam as violações do princípio da contradição da lógica. Em outras palavras, todos esses resultados são tratados no contexto da lógica clássica.

III. Contradição no sentido estrito da lógica

Aristóteles (384/383 A. C. – 322 A. C.) e Leibniz (1646-1716) deram grande ênfase à capital importância do princípio da contradição. Por exemplo, podemos encontrar na Metafísica de Aristóteles algumas formulações do princípio da contradição. Seja a primeira formulação[3]:

> *É impossível que a mesma coisa pertença e não pertença a determinada coisa ao mesmo tempo e sob o mesmo respeito.*

Esta formulação foi chamada de ontológica por Lukasiewicz (DA COSTA, 1980, p. 101)

Por razões de clareza e para prover a comparação crítica entre edições diferentes em espanhol e em inglês, disporemos em notas de rodapé (pés de página) tanto as referências quanto os respectivos textos das outras edições que encontramos disponíveis para cada uma das formulações apresentadas. Ver, por exemplo, o que uma edição espanhola[4] (ARISTÓTELES, 1964, 949) nos apresenta em relação à formulação que Lukasiewicz denotou por ontológica. Ver também uma edição em língua inglesa[5] (ARISTÓTELES, 1952, 524).

Vejamos agora a formulação do princípio da contradição de Aristóteles que Lukasiewicz chamou de lógica (ARISTÓTELES, apud DA COSTA, 1980, p. 101):

> *...o mais certo de todos os princípios é que proposições contraditórias não são simultaneamente verdadeiras.*

Ver o texto correspondente apresentado na edição espanhola[6] e o respectivo texto na edição inglesa[7].

---

3 Aristóteles. **Metafísica**. Livro IV, cap. 3, apud Newton da Costa, *Ensaio sobre os Fundamentos da Lógica*, São Paulo: Ed. Hucitec, São Paulo: Editora da USP, 1980. p. 101

4 Aristóteles. **Metafísica**. Lib. IV, cap. 3. Tradução de F. de P. Samaranch. Madri: Aguilar, 1964, p. 949. O texto correspondente em espanhol é: *"...es imposible que, al mismo tiempo y bajo una misma relación, se dé y no se dé en un mismo sujeto un mismo atributo."*

5 Aristotle. **Metaphysics**. Book IV, ch. 3. In: Británica, Aristotle I. Chicago, London: Great Books. Tradução de W. D. Ross, 1952, vigésima segunda impressão (1978) , v. 8. p. 524. O texto correspondente em inglês é: *"It is, that the same attribute cannot at the same time belong and not belong to the same subject and in the same respect..."*

6 Aristóteles, op. cit. Lib. IV. cap. 6, p. 958. O texto correspondente é o seguinte: *Baste, en fin, lo que ya hemos dicho sobre que la más segura de las opiniones es que las cosas contradictorias no pueden ser simultáneamente verdaderas,..."*.

7 Aristotle, op. cit., book IV, ch. 6, p. 531. O correspondente texto é o seguinte: *"Let this, then, suffice to show that the most indisputable of all beliefs is that contradictory statements are not at the same time true,.."*

Agora vejamos a formulação que Lukasiewicz chamou de psicológica (ARISTÓTELES, apud DA COSTA, 1980, p. 101):

> *Ninguém pode crer que a mesma coisa possa (ao mesmo tempo) ser e não ser.*

Ver o texto correspondente apresentado na edição espanhola[8] e o respectivo texto na edição inglesa[9].

Leibniz (Ver LEIBNIZ, apud ALEXANDER, 1956, p.15; LEIBNIZ, 1988, p. 237), na segunda carta a Clarke, escreveu:

> *O grande fundamento dos matemáticos é o princípio da contradição ou da identidade[10], isto é, que um enunciado não poderia ser verdadeiro e falso ao mesmo tempo, e que assim A é A, e não poderia ser não A. E esse único princípio basta para demonstrar toda a aritmética e toda a geometria, ou seja, todos os princípios matemáticos.*

Os físicos e matemáticos procuram trabalhar com esquemas conceituais, tanto quanto possível, livres de contradições. No caso dos matemáticos, em especial, a descoberta de qualquer que seja a contradição é um trauma violentíssimo. A fim de contextualizar a nossa discussão vamos eleger cinco exemplos, a saber: o das grandezas homogêneas e heterogêneas; o da análise dimensional; o da estrutura geral de qualquer equação da física; o do problema da incomensurabilidade descoberta pelos antigos gregos; e um último, relacionado com a constante de estrutura fina da física do século XX.

III.1 Primeiro exemplo: grandezas homogêneas e heterogêneas

Em relação às grandezas homogêneas e não homogêneas, os estudantes da escola primária aprendem que não é permitido somar estas últimas em virtude do fato de que uma eventual soma de grandezas não homogêneas não seria uma operação legítima. De acordo com esse ponto de vista, a soma de 5 mangas com 3 estudantes não poderia ser realizada, porque mangas e estudantes não são quantidades homogê-

---

8 Aristóteles, op. cit. Lib. IV, cap. 3, p. 949. O texto correspondente é: *"Es imposible, en efecto, que alguien crea que una cosa puede ser y no ser al mismo tiempo, como algunos pretenden, decía Heráclito."*

9 Aristotle, op. cit. Book IV, Ch. 3, p. 524. O correspondente texto é: *"For it is impossible for any one to believe the same thing to be and not to be, as some think Heraclitus says."*

10 Como se pode notar, nesta carta Leibniz não faz distinção entre os princípios da contradição e da identidade.

neas. A única possibilidade válida de realizar esta operação seria considerar mangas e estudantes como 'unidades de alguma coisa', tendo uma propriedade comum, que dá legitimidade a essa soma. O princípio subjacente deste fato é o princípio da identidade e o princípio da contradição encontra-se, também, subjacente a este procedimento.

A soma de 5 mangas com 3 laranjas não levaria nem a 8 mangas nem a 8 laranjas; em relação a este último exemplo, a única possibilidade de realizar este cálculo de maneira legítima seria considerar mangas e laranjas como 'unidades de frutas'. Em outras palavras, a operação poderá ser realizada com legitimidade porque mangas e laranjas podem ser 'homogeneizadas' como 'unidades de frutas', que em outras palavras, constitui a propriedade comum a ambas. Assim, nós podemos dizer que a soma de 5 mangas com 3 laranjas resulta em '8 unidades de frutas'. Para os nossos propósitos aqui, o único fato realmente importante é que os princípios subjacentes que nos asseguram da necessidade de trabalharmos com as grandezas homogêneas (ou convenientemente 'homogeneizadas') são os princípios da identidade e da contradição. Isso porque se não existir nenhum atributo que torne ambos os membros homogêneos, então o sinal de igualdade que os conecta tornar-se-ia a expressão de uma não identidade e, portanto, também de uma contradição.

Vejamos agora o seguinte: suponhamos que uma família relativamente aquinhoada tenha herdado alguns bens que precisam ser divididos entre seus herdeiros legais. Acontece que os bens são heterogêneos, na medida em que têm teores e qualidades distintas. São, por exemplo, terrenos, casas, apartamentos, mansões, ações na Petrobrás, quadros de artistas, tanto os mais quanto os menos famosos, objetos de estimação, etc. A única maneira de somá-los para depois dividi-los entre os herdeiros – segundo certas regras prescritas em lei– é a de tornar todos esses bens homogêneos, ou seja, atribuir a cada um deles um valor em alguma unidade monetária (que pode ser real, dólar, euro, peso, lira, etc.) e, a partir daí, fazer a partilha com as compensações pertinentes. É evidente que precisa haver acordo entre os herdeiros no tocante ao caráter justo ou não das atribuições de valores em moeda a cada um dos bens em apreço. Sabe-se que essa não é uma questão trivial, pois argumentos com base em valores de mercado são carregados de elementos objetivos e subjetivos. Em todo o caso, havendo um acordo, por mínimo que seja, sobre essas atribuições com base em categorias como valores de mercado, pode-se usar a matemática.

É possível que a dificuldade de matematização das ciências sociais tenha origem (dentre possivelmente outras dificuldades) nessa dificuldade de atribuição de valor quantitativo a uma certa qualidade que, em princípio, não tem um valor monetário evidente e, talvez, não seja passível de ser valorizada com base em critérios meramente monetários. Por exemplo, como atribuir valor em dólar ao ecossistema da Mata Atlântica? Como atribuir valor monetário à biodiversidade e à etnodiversidade? Como atribuir valor monetário à liberdade? E se não quisermos falar em moeda, poderíamos perguntar como atribuir valor em termos de energia à liberdade? Em outras palavras, qual seria o conteúdo energético da liberdade? É legítimo pensar a liberdade em termos de energia? Um tal reducionismo seria aceitável ou não?

Podemos ver que tudo isso levanta problemas muito difíceis. Pois, se as relações da matemática com a realidade física já são extremamente sutis, o que diríamos se quisermos estender a matematização para os fenômenos biológicos e sociais?

III.2 Segundo exemplo: análise dimensional

Trata-se de um fato muito bem estabelecido: não é permitida a soma de quantidades que tenham dimensões físicas diferentes. Em vista de tal fato, uma eventual soma de 5 ergs com 2 newtons, com 2 metros quadrados, com 123 watts e com 3 metros cúbicos seria uma operação inteiramente insensata. Podemos argumentar que energia, força, área, potência e volume são grandezas qualitativamente diferentes e que não há qualquer propriedade em comum entre elas que as transformem em homogêneas. O fato de não haver qualquer propriedade a fim de tornar legítima uma soma dessas grandezas está ligado ao fato de que, simplesmente, esta soma implicaria em uma contradição, ou equivalentemente, seria uma violação do princípio da contradição da lógica, além de ser também uma violação do princípio da identidade.

Suponhamos a equação seguinte:

$$W = E + E^2 + E^3 + E^4 + E^5 \tag{1}$$

Se W e E têm a dimensão de energia, então há uma única possibilidade de que a equação (1) esteja correta. Efetivamente (1) pode ser mais uma vez escrita como:

$$W = 1\,E + 1\,E^2 + 1\,E^3 + 1\,E^4 + 1\,E^5 \tag{2}$$

As duas equações acima somente estarão corretas se e somente se todos os seguintes requisitos forem satisfeitos:

- O fator unitário que multiplica a quantidade E do primeiro termo do segundo membro de (2) for adimensional.
- O fator numérico que multiplica a quantidade E^2 do segundo termo do segundo membro de (2) tiver a dimensão de inverso da energia.
- O fator unitário que multiplica a quantidade E^3 do terceiro termo do segundo membro de (2) tiver a dimensão de inverso do quadrado da energia.
- O fator numérico que multiplica a quantidade E^4 do quarto termo do segundo membro de (2) tiver a dimensão do inverso do cubo da energia.
- O fator unitário que multiplica a quantidade E^5 do quinto termo do segundo membro de (2) tiver a dimensão de inverso da quarta potência da energia.

Por exemplo, a equação de Schrödinger para uma partícula de massa m, em um campo correspondente à energia potencial V = V (x, y, z), é:

$$[(-h^2/8\,\pi^2\, m)\,\nabla^2 + V]\,\Psi(x,y,z) = i\,(h/2\pi)\,(\partial\Psi(x,y,x)/\partial t), \qquad (3)$$

onde ∇^2 é o operador de Laplace, ou laplaciano, dado em coordenadas cartesianas por:

$$\nabla^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2,$$

onde h denota a constante de Planck, Ψ é a função de onda do sistema, x, y, e z referem-se, respectivamente, às coordenadas cartesianas da partícula de massa m, e t faz referência ao tempo.

A equação (3) pode ser escrita em unidades tais que $\{(h/2\pi)= 1;\ 2m= 1\}$, na forma:

$$[-(\nabla^2) + V\,]\,\Psi = (i\,\partial\Psi/\partial t) \qquad (4)$$

ou, alternativamente, na forma,

$$[-1\,(\nabla^2) + V]\,\Psi = 1\,(i\,\partial\Psi/\partial t) \qquad (5)$$

Ψ e $i =(-1)^{1/2}$ são quantidades adimensionais, o operador laplaciano ∇^2 tem dimensão de inverso do quadrado do comprimento, V tem dimensão de energia e $(\partial\Psi/\partial t)$ tem dimensão de inverso do tempo. Isto significa que o fator numérico 1 do primeiro termo do primeiro membro da equação (5) tem, necessariamente, a dimensão física de energia multiplicada pelo quadrado do comprimento, bem como o fator 1 do segundo membro da equação (5) tem a dimensão de energia multiplicada pelo tempo.

Os princípios subjacentes a todos esses fatos são os da identidade e da contradição.

III.3 Terceiro exemplo: a estrutura geral de qualquer equação da Física Matemática

Qualquer equação da Física Matemática (ou se preferirem, da Física) tem a estrutura geral:

$$A + B + C +.... = S + T + U +..., \qquad (6)$$

onde todos os termos A, B, C, ..., S, T, U, ...têm, necessariamente, a mesma dimensão física. Em conseqüência disto, ambos, o primeiro e o segundo membros, têm necessariamente, a mesma dimensão física. Em outras palavras,

$$M = N \qquad (7)$$

onde,

$$\{A + B + C +... = M;\ S + T + U +... = N\} \qquad (8)$$

Pelas razões discutidas acima, transparece com clareza que os princípios subjacentes estabelecendo todos esses fatos são os da identidade e da contradição. Podemos ainda dizer mais: o argumento ainda vale no caso das desigualdades, respectivamente M>N e M<N, em virtude do fato de que somente seriam válidas as comparações entre M e N, em termos de 'maior que' e 'menor que', nos casos em que M e N tenham a mesma dimensão física. Em qualquer outro caso, a comparação seria sem sentido.

III.4 Quarto exemplo: o problema da incomensurabilidade

Se adotarmos a concepção lakatosiana de programas científicos de pesquisa, diríamos que o núcleo duro do programa pitagórico pode muito bem ser representado pela frase: os números inteiros e suas relações se constituem na essência da realidade. Este programa histórico de 25 séculos continua, no sentido lato, bastante vivo. Em recente artigo, por exemplo, Mário Bunge (Ver Bunge, 2001) argumentou que a própria idéia de quantização tem raízes pitagóricas e que essa idéia já se encontrava presente na física pré-quântica, notadamente na teoria da elasticidade e também no campo da eletrólise. Bunge ainda argumenta que nomes como d'Alembert, Fourier, Faraday, Millikan, Planck, Einstein e Bohr são exemplos de pitagóricos. Claro está que a física é um empreendimento intelectual que incorpora resultados de muitos programas científicos de pesquisa; deste modo, é claro que os ilustres nomes listados acima, embora tivessem nítidos traços pitagóricos, não eram exclusivamente pitagóricos. Faraday, por exemplo, nas suas pesquisas sobre a eletrólise e, na medida em que reivindicava uma unidade mínima de eletricidade, apresenta um traço claramente pitagórico; no entanto, o Faraday precursor da idéia de campo é um Faraday do contínuo, o que mostra que todos esses aspectos intervêm no corpo de pensamento de um criador como ele. Poderíamos dizer algo análogo, de todos os outros nomes listados. Mas voltemos ao nosso exemplo da incomensurabilidade, cuja descoberta pelos antigos gregos foi, a um só tempo, um grande feito para a História da Ciência e um grande trauma para o programa pitagórico. Trata-se da incomensurabilidade entre o lado e a diagonal do quadrado, isto é, a descoberta de que a razão entre a diagonal e o lado do quadrado não pode ser expressa como uma razão entre dois números inteiros. Se a e d são, respectivamente, o lado e a diagonal do quadrado, então, podemos escrever, de acordo com o teorema de Pitágoras, que $d^2 = a^2 + a^2 = 2\ a^2$. Suponhamos agora que $d/a = m/n$, onde m e n sejam dois inteiros. Combinando essas duas expressões, concluímos que $m^2 = 2n^2$. Conseqüentemente, m^2 é par e m é par. Em virtude da razão m/n ser irredutível, então *n deve ser ímpar*. Agora, se b for metade de m, então nós podemos escrever $4b^2 = m^2 = 2n^2 \therefore n^2 = 2b^2$. Pelas mesmas razões, n^2 é par e, conseqüentemente, *n deve ser par*. As duas expressões em itálico constituem uma contradição em virtude do fato de que o mesmo número não pode ser par e ímpar, pois isso significaria uma violação flagrante do basilar princípio da contradição da lógica clássica, também chamada de lógica aristotélica. Por este fato, a razão entre a diagonal e o lado do quadrado não pode ser escrita como uma razão entre dois números inteiros.

A história da incomensurabilidade constitui um exemplo muito expressivo que mostra que os matemáticos estiveram sempre firmemente determinados a não incorporar contradições. Conforme o que disse Popper (1982, 347-348), as contradições podem ser frutíferas, férteis e geradoras do progresso, se e somente se, nós estivermos firmemente determinados a não incorporá-las. Em outras palavras, as contradições somente desempenham um papel positivo enquanto desafio e estímulo na direção de supera-las. Nós podemos dizer que, devido a esse programa racional de pesquisa científica, o problema da incomensurabilidade não perdeu sua fertilidade; sua solução requereu uma longa história de 25 séculos até o advento do trabalho de Dedekind na segunda metade do século XIX.

Há aqui uma primeira conclusão importante. Tal como se apresenta, seguindo a linha da exposição adotada, o problema da incomensurabilidade emerge como um tal que decorre de um imperativo lógico. Em outras palavras, se admitíssemos a contradição, ou seja, se incorporássemos a contradição segundo a qual n pode ser par e ímpar, então, não haveria problema algum em se aceitar a incomensurabilidade como coisa natural. É importante ressaltar aqui que a maioria dos autores, tal como fez Popper (1982, 348), adverte para o seguinte:

> *...se admitirmos duas afirmativas contraditórias, precisamos admitir também qualquer outra afirmativa.*

Ver, para cotejar, o texto correspondente em língua inglesa[11].

No entanto, foi precisamente a firme disposição histórica, demonstrada pelos matemáticos ao longo de 25 séculos, em não aceitar nenhuma contradição, que fez da incomensurabilidade um problema desafiador e fértil durante todo esse período.

Em 1872, J. W. R. Dedekind (1831-1916) publicou um trabalho (CARAÇA, 1984, 48-63), cujo título em alemão é *Stetigkeit und Irrationalzahlen* (Continuidade e Números Irracionais), no qual apresentava uma solução que lhe parecera, à primeira vista, como uma espécie de ovo de Colombo. Afinal de contas, pareceu-lhe surpreendente que 25 séculos de desafio aos mais brilhantes cérebros fossem transcorridos para que alguém –no caso, ele próprio– propusesse algo assim, aparentemente, tão trivial. A aparência de trivialidade era, no entanto, uma mera aparência. Havia, no

---

[11] Popper, K. R. **Conjectures and Refutations (The Growth of Scientific Knowledge)**. London: Routledge, 1989. Ver específicamente o capítulo 15, *What is Dialectic?,* no qual encontramos, na página 317, o texto: *"...if two contradictory statements are admitted, any statement whatever must be admitted."*

bojo de sua solução, uma série de conceitos sutis e um amadurecimento de uma história de tentativas até o advento de sua solução dos números irracionais e do problema da incomensurabilidade. É altamente recomendável a leitura da estupenda exposição do matemático português Bento de Jesus Caraça que relata magistralmente várias dessas dificuldades.

Vejamos agora a solução de Dedekind. Ela se baseia nos conceitos de continuidade, corte e correspondência biunívoca e pode ser esquematizada, a grosso modo, da seguinte maneira:

O conjunto {Reta} de todos os pontos da linha reta não goza da correspondência biunívoca com o conjunto {Racionais} de todos os números racionais, isto é, com o conjunto de todos os números que podem ser escritos como uma razão entre números inteiros. Isso se dá pelo seguinte: façamos na reta um corte em um ponto c, de tal maneira que esse ponto divida a reta em duas classes, a saber, a classe para a qual todos os números racionais s que estão à direita de c são tais que $s^2>2$ e a classe para a qual todos os números racionais r à esquerda de c são tais que $r^2<2$. O ponto c de corte –chamado corte de Dedekind– que separa uma classe da outra será exatamente aquele cujo quadrado seja igual a 2. Logo esse ponto é $\sqrt{2}$, o qual existe enquanto ponto da reta, mas não existe no conjunto dos racionais. Logo, encontra-se um exemplo concreto em que um ponto de corte que separa duas classes de números racionais, ele próprio não pertence ao conjunto dos racionais {Racionais}. É evidente que há também exemplos de pontos de corte que separam duas classes distintas de números racionais, os quais também pertencem ao conjunto dos racionais. No entanto, o resultado importante aqui é que, em geral, o ponto de corte pode ou não pertencer ao conjunto dos racionais.

No entanto, a correspondência biunívoca tem lugar para dois dados conjuntos, como veremos a seguir. O conjunto {Reta} de todos os pontos da reta exibe uma correspondência biunívoca com o conjunto {Racionais ∪ Irracionais} dos elementos que constituem a união de todos os elementos do conjunto {Racionais} (os quais podem ser escritos como razão entre números inteiros) com todos os elementos do conjunto {Irracionais} (os quais não podem ser escritos como uma razão entre números inteiros).

Simbolicamente, isso pode ser escrito da seguinte maneira:

$$\{\text{Reta}\} \Leftrightarrow \{\text{Racionais} \cup \text{Irracionais}\}$$

Como a união dos racionais com os irracionais constitui o assim chamado campo real, então podemos escrever simbolicamente:

$$\{\text{Real}\} = \{\text{Racionais} \cup \text{Irracionais}\}$$

e, por conseguinte, escrever simbolicamente:

$$\{\text{Reta}\} \Leftrightarrow \{\text{Real}\}.$$

Em resumo, perguntaríamos o seguinte:

- Que lição podemos aprender deste importante exemplo histórico da incomensurabilidade entre a diagonal do quadrado e o seu lado?

Responderíamos que se trata de uma lição muito rica. Foi justamente aí que os pitagóricos viram naufragar o seu caro programa de pesquisa.

- Como, então, seria possível conciliar que os números (para eles números inteiros) constituíam a essência da realidade se nem mesmo essa concepção poderia dar conta de algo tão simples quanto as relações em um quadrado?

Ora, a aritmética (a ciência da contagem), ou melhor, a aritmética dos números naturais via-se em clara dificuldade para servir como concepção de mundo. Insistir nela –tal como vimos– seria algo quase equivalente a incorporar a contradição ensejada pelo mesmo número "ser", ao mesmo tempo, "par e ímpar". Mas isso era inaceitável, pois seria equivalente a destruir o discurso racional. Diante desse impasse, o gênio de Platão foi suficientemente sutil para substituir, enquanto concepção de mundo, a aritmética pela geometria. Nesta, diferentemente da aritmética, o problema da incomensurabilidade não aparecia, ou seja, era obliterado. A razão disso é fácil de ser entendida. Vejamos porque.

Do ponto de vista da medida de comprimentos e, tendo em vista que, em alguma aproximação, há sempre um erro (posto que tais medidas têm lugar numa precisão finita) então, é sempre possível eleger, dentro dessa aproximação, uma parte alíquota (unidade mínima) que seja, para todos os propósitos práticos, comum a ambos: o lado do quadrado e sua diagonal. Deste modo, o problema não aparece do ponto de vista da geometria. Do ponto de vista da aritmética, no entanto, o problema era agudo, o que explica o sucesso do programa geométrico de Platão e Euclides, enquanto base de concepção de mundo.

Para os nossos propósitos, é interessante notar que, a fim de não se incorporar contradições, foram demandados aproximadamente 25 séculos até a solução de Dedekind. Os pontos de uma reta não guardam uma correspondência biunívoca com os pontos correspondentes ao conjunto dos racionais. Faz-se mister entrar em cena o conjunto dos irracionais. Aí sim, os pontos da reta guardam uma correspondência biunívoca com o campo real, que é a união dos racionais com os irracionais. Este estupendo exemplo histórico constitui um tal emblemático da firme disposição histórica de não se aceitar a incorporação de contradições lógicas.

Passemos agora à discussão de um quinto exemplo.

III.5 Quinto exemplo: unidades de comprimento, tempo e massa

Há uma grandeza muito importante da Física do século XX conhecida como *constante de estrutura fina* α . Trata-se de uma grandeza adimensional escrita como uma combinação de três constantes basilares da Física: a constante de Planck $\underline{h}$, a velocidade da luz no vácuo $\underline{c}$ e a carga elétrica $\underline{e}$, expressa, não em Coulomb, mas em unidades ditas "mecânicas", ou seja, em unidades tais que resultam de uma combinação das dimensões, respectivamente, $\underline{L}$ (comprimento), $\underline{T}$ (tempo) e $\underline{M}$ (massa).

A constante de estrutura fina é dada por:

$\alpha = 2\pi\, e^2/\, h\, c$,

onde, $e^2 = q^2/4\pi\varepsilon_o$ tem unidades ML^3T^{-2} . Aqui, q é a carga em Coulomb, ε_o é a permissividade elétrica que aparece na lei de Coulomb e π é a famosa constante adimensional, constituída pela razão entre o comprimento da circunferência e seu diâmetro e que, por sua vez, é um número irracional. A constante de Planck $\underline{h}$ tem unidade de ML^2T^{-1} e a velocidade da luz $\underline{c}$, de LT^{-1}.

Podemos provar que, se partirmos de um sistema básico de unidades formado por $\underline{h}$, $\underline{c}$ *e* $\underline{e^2}$, *não poderemos escrever, nesse sistema, unidades de comprimento* $\underline{L}$, *de tempo* $\underline{T}$ *e de massa* $\underline{M}$. *A prova dessa impossibilidade aparece aqui como expressa em uma contradição no sentido lógico.*

Vejamos como isso ocorre: aplicando os métodos da análise dimensional, vamos cogitar em escrever um comprimento $\underline{L}$ na base $\{h, c, e^2\}$. Deste modo,

$L = (h)^x\, (c)^y\, (e^2)^z$

Re-escrevamos a expressão acima em termos de $\underline{L}$, $\underline{T}$ e $\underline{M}$, tendo em vista também que $T^0=1$; $M^0=1$ e $L^1= L$. Teremos então,

$T^0\, M^0\, L^1 = (M\, L^2\, T^{-1})^x\, (L\, T^{-1})^y\, (M\, L^3\, T^{-2})^z$

Agora, igualemos a cada um dos expoentes do primeiro membro da expressão acima o resultado da soma dos expoentes de cada uma das respectivas bases do segundo membro. Deste modo, formamos o sistema de equações,

$0 = - x - y - 2z$

$0 = x + z$

$1 = 2x + y + 3z$

Vamos mostrar que o sistema acima é inconsistente (incompatível) e contém uma contradição interna que é precisamente a raiz da impossibilidade de se escrever o comprimento L em função de h, c e e^2. Pode-se facilmente notar essa contradição ao se tentar resolver o sistema de equações lineares acima. Vejamos como: substituindo a segunda equação imediatamente acima na primeira e na terceira, teremos:

$0 = -y - z$

$1 = y + z$

Somando membro a membro as duas equações imediatamente acima, obtemos o resultado absurdo $1 = 0$ que é a própria expressão de uma contradição lógica, na medida em que viola o princípio da contradição da lógica. Logo, como se quer preservar tal princípio, a inevitável conclusão é que é impossível se escrever L em função de h, c e e^2, como queríamos demonstrar (c.q.d.).

A mesma contradição aparece quando tentamos escrever T e M em termos de $\{h, c, e^2\}$ e a demonstração disso é inteiramente análoga à demonstração aqui apresentada.

Agora, tudo o que foi escrito acima refere-se ao espaço tridimensional no qual intervém a lei de força do tipo $F \sim r^{-2}$. Se considerarmos (Ver Bastos Filho & Xavier de Araújo, 1995) a lei de força mais geral $F \sim r^{-N+1}$, então veremos que somente no caso onde $N = 3$, a força será do tipo de Coulomb. A nova quantidade $e^2(N)$ assumirá a dimensão $M\,L^N\,T^{-2}$, enquanto a constante de Planck e a velocidade da luz do vácuo, que não dependem de lei de força, terão, por conseguinte, as suas respectivas dimensões físicas inalteradas, independentemente de dimensão do espaço. Em completa analogia ao que se fez, teremos:

$$T^0\,M^0\,L^1 = (M\,L^2\,T^{-1})^{x^*}\,(L\,T^{-1})^{y^*}\,(M\,L^N\,T^{-2})^{z^*}$$

Formamos, então, o sistema de equações lineares:

$0 = -x^* - y^* - 2z^*$

$0 = x^* + z^*$

$1 = 2x^* + y^* + Nz^*$

Agora temos um sistema de equações consistente cuja solução é:

$x^* = y^* = -(N-3)^{-1}\ ;\quad z^* = (N-3)^{-1}$.

Deste modo, o comprimento L será dado por:

$L = (e^2(N)/h\,c)^{1/N-3}$

Repare que uma unidade de comprimento pode ser escrita para qualquer que seja $N \neq 3$. Para $N = 3$ obtemos uma singularidade que redunda em um comprimento infinito, o que é inaceitável. A impossibilidade de se escrever uma unidade de comprimento no sistema $\{h,c,e^2\}$ para $N = 3$ aparece aqui em forma de uma singularidade.

III.6 Conclusão da seção III

Todos os cinco exemplos precedentemente examinados nesta seção III mostram que, historicamente, as tradições da Matemática e da Física consistem em jamais admitir contradições, no sentido lógico do termo. Deste modo, aos olhos dos matemáticos e dos físicos, bem como também para quaisquer outras categorias profissionais, não é aceitável, de maneira alguma, que o mesmo número seja considerado par e ímpar, nem se constitui algo aceitável que zero seja igual a um, nem que os dois membros de uma mesma equação tenham parcelas de dimensões físicas distintas. Esses são exemplos de contradições eminentemente lógicas e que não podem ter lugar no seio de teorias consistentes. Se algum pesquisador em Matemática e em Física as encontrar é porque algo não vai bem. Faz-se necessário uma cuidadosa e radical revisão.

IV. Contradição no sentido de interesses distintos e antitéticos

Ouvimos, não raramente, frases como: “as contradições irreconciliáveis no seio da sociedade...” ; “a contradição entre os interesses da burguesia e do proletariado é flagrante”; “tanto a riqueza produzida quanto a sua distribuição estão correlacionadas com as contradições existentes no seio da sociedade correspondente e no seu modo de produção”. Essas frases foram inventadas à verossimilhança do que se ouve por aí. Independentemente do que elas signifiquem (e podem ter muito espaço entre cientistas sociais), podemos garantir que aqui o termo “contradição” tem uma acepção muito diferente daquela no sentido lógico, tal como discutimos na seção III.

Em outras palavras, nenhuma dessas frases se refere à contradição no mesmo sentido em que discutimos não serem aceitáveis as contradições seguintes: *“o mesmo número é par e ímpar”*, e *“zero é igual a um”*.

Por exemplo, Marx e Engels (1952, 430), ao se referirem aos assim chamados membros da Escola Socialista dos Pequenos Burgueses, liderados por Sismonti, escrevem no Manifesto do Partido Comunista [12],

> *Esta escola do Socialismo dissecou com grande perspicácia as contradições nas condições da produção moderna...*

O significado do termo contradição, que é atribuído por Marx e Engels a uma situação tal que diz respeito a um contexto sócio-econômico, é inteiramente diferente daquele que discutimos na seção III. Em outras palavras, qualquer mistura de significados entre as duas acepções é claramente ilegítima e pode apenas significar, tão e simplesmente, um grande mal-entendido.

Não há qualquer contradição lógica –tal como existe para os casos da seção III– ao se assumir, por exemplo, que há contradições de interesses entre aqueles atores sociais que querem concentrar renda com aqueles que desejam distribuí-la.

---

12 Marx K.; Engels, F. Manifesto of Communist Party. In: BRITANNICA. Chicago, London: Great Books. 1952, 1978. v. 50. p. 430. O texto correspondente é: *“This school of Socialism dissected with great acuteness the contradictions in the conditions of modern production...”*

Outrossim, não há qualquer razão para que, a partir de um uso elástico da palavra contradição, venhamos a concluir que o princípio da contradição da lógica clássica (aristotélica) não mais se aplique às ciências sociais. No contexto de discursos tais como os consubstanciados pelas sentenças acima, não há qualquer violação da lógica aristotélica. Não se enxerga, por mais que se esmiúce, qualquer violação do princípio da contradição com o fato de se assumir elasticamente que, entre o empresário fulano de tal e o trabalhador beltrano de tal, há contradições de interesse.

Como se sabe, Hegel foi um crítico da lógica de Aristóteles. Ele propôs uma lógica assim chamada de lógica dialética, na qual as contradições não devem ser evitadas, pois elas constituiriam uma espécie de motor do progresso. Por exemplo, na sua Filosofia do Direito, ele escreveu (HEGEL, 1952, 1):

> *É verdade que as formas e regras da antiga lógica, de definição, classificação, e silogismo, as quais incluem as regras do pensamento discursivo, foram reconhecidas como inadequadas para a ciência especulativa; ou melhor, sua inadequação não foi reconhecida; ela foi apenas sentida quando essas regras foram atiçadas para paralisar, como se fossem meros grilhões que permitissem ao coração, à imaginação e à intuição casual dizer o que se pretendia. E desde que reflexões e conexões do pensamento surgem em cena, então, há uma regressão inconsciente no desprezo ao método habitual de dedução e da argumentação.*

Ver a correspondente citação em uma edição em língua inglesa[13].

Vejamos uma outra citação de Hegel (1952, 12) também tirada de sua Filosofia do Direito:

> *A dedução lógica, um método recomendado por Leibniz é, certamente, uma característica essencial do estudo das leis positivas, tais como a matemática e outras ciências do entendimento, mas seu método dedutivo nada tem a ver com a satisfação das demandas da razão ou com a ciência filosófica.*

---

13 Hegel. Philosophy of Right – Prefácio In: BRITANNICA. Chicago, London: Great Books. 1952, 1978. v. 46, p. 1. O texto correspondente é: *"It is true that the forms and rules of the old logic, of definition, classification, and syllogism, which include the rules of discursive thinking, have become recognized as inadequate for speculative science; or rather their inadequacy has not been recognized; it has only been felt, and then these rules have been thrown off as if they were mere fetters in order to allow the heart, the imagination, and casual intuition to say what they pleased. And since reflection and connexions of thought have after all to come on the scene as well, there is an unconscious relapse into the despised method of commonplace deduction and argumentation."*

Ver o texto correspondente[14] em uma tradução em língua inglesa.

Tal como podemos ver, as referências de Hegel à lógica são muito pouco reverentes em várias das instâncias que enumeraremos a seguir: na primeira citação acima, quando se refere à circunstância, segundo ele, de que as regras do pensamento discursivo baseado na lógica seriam inadequadas para as ciências especulativas; quando sugere que tais regras seriam grilhões que cerceariam o coração, a imaginação e a intuição casual; quando afirma que tudo isso seria uma regressão inconsciente no desprezo pelos métodos habituais de pensamento e da argumentação. Em sua segunda citação, ele argumenta que o método da dedução lógica, o qual fora recomendado por Leibniz, nada teria a ver com a satisfação das demandas da razão e mesmo das ciências filosóficas. Vamos comentar esses pontos.

Em primeiro lugar, não podemos ver como o pensamento discursivo baseado na lógica seja inadequado para as ciências especulativas. As leis da lógica são apenas balizadores para se evitar absurdos. A História da Ciência claramente demonstra, tanto até 1831 (ano da morte de Hegel, quem, segundo se diz, foi vitimado pelo cólera) quanto após essa data, que teorias imaginativas e altamente especulativas foram formuladas. Lógica apenas não basta para a criação científica. A intuição é uma faculdade intelectual que não é redutível à lógica, mas nada disso pode nos autorizar a eleger uma série de contradições a fim de que não venhamos a nos sujeitar aos grilhões da lógica. Creio que a inquirição científica não pode dispensar das genuínas faculdades intelectuais e uma razoável liberdade intuitiva em nada se prejudicaria se procedesse no sentido de controlar e evitar inconsistências lógicas. Dizer que os métodos da dedução lógica nada têm a ver com as demandas da razão e das ciências filosóficas constitui em coisa absolutamente insustentável. Embora a razão não seja redutível à mera lógica, podemos acrescentar - para dizer apenas o mínimo - que um desenho racional do mundo também nada tem a ver com o desprezo pela lógica.

Popper foi um adversário severo das idéias hegelianas. Ele (POPPER, 1982, 347) escreveu:

> *Os dialéticos afirmam que as contradições são férteis e produzem progresso – o que admitimos como verdade em certo sentido. Isso só é verdade, porém, enquanto temos a determinação de não aceitar qualquer contradição modificando as teorias que sejam contraditórias; em outras palavras, enquanto não estivermos dispostos a aceitar qualquer contradição: é essa determinação*

---

[14] Hegel, op. cit. p. 12. O texto é o seguinte:*" Logical deduction, a method commended by Leibniz, is certainly an essential characteristics of the study of positive law, as of mathematics and any other science of Understanding, but this deductive method of the Understanding has nothing whatever to do with the satisfaction of the demands of reason or with philosophical science".*

que faz com que nossa crítica (isto é, a indicação de contradições) nos leve a mudar nossas teorias e, portanto, a progredir.

Ver texto correspondente[15] na edição utilizada em língua inglesa.

O que Popper argumenta nos parece a posição salutar e sensata. Em nossa tentativa de apreensão do real, encontramos inúmeros problemas e, não raro, muitas contradições a superar. A melhor atitude é tentar esquemas teóricos cada vez mais aperfeiçoados e, tanto quanto possível, cada vez mais livres de contradições. A tríade dialética constituída de tese/antítese/síntese é, sem dúvida, um método salutar. No contexto da dialética platônica da maiêutica (a arte da parteira) (Ver, O Menon de Platão), Sócrates interroga o escravo de Menon sobre o problema "Qual é o lado do quadrado de área dupla?". No curso do diálogo emergem algumas contradições que são superadas quando os interlocutores do diálogo chegam à solução correta: "o lado do quadrado de área dupla é a diagonal do quadrado de área simples". Neste diálogo, transparece com clareza cristalina a maiêutica como um método dialético, que visa a superação de contradições e não a acomodação a ela.

Em continuidade ao texto acima citado, Popper (1982, 347) escreve:

Muito importante é o fato de que, se mudarmos de atitude e passarmos a aceitar as contradições, elas perderão imediatamente a sua fertilidade e deixarão de provocar o progresso intelectual.

Ver também a citação correspondente[16] em inglês.

Vamos fechar a presente seção argumentando que o uso do termo contradição, em muitos contextos, nada tem a ver com o estrito uso lógico do termo. Por exemplo, a expressão "contradição nas forças produtivas de uma economia" nada tem a ver com o princípio da contradição da lógica. Essas "contradições" podem muito bem ser compreendidas sem que haja qualquer necessidade de se admitir que esse princípio basilar da lógica tenha sido violado. Em outras palavras, trata-se de um mal-entendido que precisa ser esclarecido.

---

15 Popper, K. R. op. cit. p. 316-317. O texto correspondente é: *"Dialecticians say that contradictions are fruitful, or fertile, or productive of progress, and we have admitted that this is, in a sense, true. It is true, however, only so long as we are determined not to put up with contradictions, and to change any theory which involves contradictions; in other words never to accept a contradiction: it is solely due to this determination of ours that criticism, i. e. the pointing out of contradictions, induces us to change our theories, and thereby to progress."*

16 Popper, K. R., op. cit. p. 317. O texto correspondente é: *"It cannot be emphasized too strongly that if we change this attitude, and decide to put up with contradictions, then contradictions must at once lose any kind of fertility. They would no longer be productive of intellectual progress."*

V. Contradição no sentido da junção, da justaposicão, da interpretação, ou ainda, da combinação de teorias incongruentes

Já fizemos alusão ao fato de que, quando um matemático e um físico se deparam com uma contradição do tipo lógico como “0 = 1” ou “o mesmo numero é par e ímpar”, o sentimento de qualquer um deles é que há algo profundamente errado e que carece de séria revisão. Cremos que qualquer um diria que há necessidade urgente de uma revisão rigorosa para se consertar o que se errou, pois, se algum absurdo for incorporado, quaisquer outros absurdos também o poderão ser e, conseqüentemente, a teoria resultante teria muito pouco valor enquanto expediente cognitivo.

Discutimos também que a palavra contradição também é usada em um sentido mais fluido quando, de fato, nenhuma contradição desse nível lógico intervém, por exemplo, quando ela se refere a choques de interesses e a traumas no processo produtivo das economias das sociedades humanas. Mas, nesse caso, não estão envolvidas, propriamente, violações do princípio da contradição da lógica. Uma interpretação nessa direção seria, simplesmente, um mal-entendido proveniente da fluidez com que a palavra é tratada.

Mas há uma terceira acepção –a qual gostaríamos de tecer alguns comentários aqui– que se refere a uma abordagem teórica, na qual intervêm duas ou mais teorias que não são inteiramente compatíveis entre si e que, não obstante, a sua combinação faz avançar o conhecimento. É evidente que tudo isso pode ser entendido de várias maneiras. Por exemplo, há o caso em que as incongruências do assim chamado contexto da descoberta e que redundam em resultados de valor cognitivo amplamente reconhecido sejam remetidas, a fim de que sejam dirimidas e superadas, em um sucessivo contexto da justificação (ou justificativa). Nesse sentido, é de bom alvitre citar Lakatos (LAKATOS apud HOLTON, 1979, p. 101):

> *Ao fazer o estudo histórico de um caso, deve-se, no meu entender, adotar o procedimento seguinte: 1) dar uma descrição racional; 2) tentar comparar essa descrição racional com a história real e criticar tanto a descrição racional por falta de historicidade como a história real por falta de racionalidade.*

O processo de descoberta é tal que, no seu bojo, incorpora uma série de coisas que não escapariam a uma crítica mais rigorosa, à luz do conhecimento da época, mas que essa incorporação “irracional” revela-se extremamente fértil para o progresso da ciência. Então, há a necessidade de se separar o joio do trigo. Lakatos (1979, p. 176, nota de rodapé 202) chama a atenção para esse importantíssimo ponto. Quando Popper (1982, Cap. 15) argumenta que *“uma teoria que implica uma contradição é inteiramente inútil como teoria”,* é mister ressaltar que a sua crítica se dirige contra a dialética hegeliana, que faz da contradição a mais alta virtude. Lakatos concorda com Popper quanto à advertência para o perigo da concepção hegeliana. No entanto, é necessário acrescentar que há situações nas quais as incongruências teóricas e experimentais têm um papel importante a desempenhar na construção das teorias. Em suma, o que Lakatos ressalta é que há também progressos (empíricos e não empíricos) sobre fundamentos inconsistentes. Claro está que todos esses progressos resultantes de fundamentos inconsistentes carecerão de novas tentativas, cada vez mais complexas, que deverão ser envidadas, a fim de que tais resultados admitam ser tornados consistentes em uma teoria ulterior mais elaborada e complexa.

Vamos trazer à baila, muito brevemente, a teoria do átomo de Bohr. Trata-se de uma teoria que lança mão de referenciais teóricos, de certa maneira, em conflito entre si. Já analisamos esse caso de uma maneira mais extensiva (BASTOS FILHO, 1998; BASTOS FILHO, 2003) e aqui somente faremos menção, por limitação de espaço, ao fato de que, não obstante o modelo de Bohr contradizer a eletrodinâmica clássica, todo o procedimento de Bohr se inseria em uma heurística positiva que era fortemente balizada por critérios de racionalidade como o princípio da correspondência.

Vários problemas da teoria de Bohr foram superados por ocasião do estabelecimento da teoria quântica de 1927. Contudo, embora a Mecânica Quântica tenha se revelado uma teoria de grande poder explicativo (semicondutores, supercondutores, lasers, magnetismo, etc.) não podemos dizer que a teoria quântica, principalmente se a associarmos à interpretação de Copenhagen, seja livre de inconsistências.

Sem dúvida, podemos dizer que nem as nossas melhores teorias estão livres de contradição, e a Mecânica Quântica está incluída nesse rol (estamos aqui nos referindo à nova Mecânica Quântica de 1927 e não apenas à velha teoria de Bohr de 1913).

Por exemplo, os assim chamados "observáveis" em Mecânica Quântica estão associados, no corpo do formalismo matemático, a operadores hermitianos. Segundo a interpretação de Copenhagen, é a medida que implanta a realidade dessas grandezas físicas[17] associadas àqueles operadores. No entanto, na própria Mecânica Quântica há grandezas físicas que não estão associadas a operadores hermitianos como, por exemplo, a carga e a massa. Estas têm o estatuto de suas correspondentes clássicas (que, no caso quântico, são exatamente idênticas) e, desta maneira, as suas respectivas implantações, como realidades físicas, não requerem medida. Somos então conduzidos, caso adotemos a Mecânica Quântica associada à interpretação de Copenhagen, ao resultado, segundo o qual, para grandezas como coordenada, momento linear, momento angular, energia e spin, (as quais são associadas a seus respectivos operadores hermitianos) a medida tem um estatuto superior à realidade ontológica. No

[17] A coordenada, o momento linear, o momento angular, a energia e o spin são exemplos de observáveis (no sentido quântico do termo).

entanto, no que diz respeito a grandezas como carga e massa, a realidade ontológica tem um papel preponderante. Então, como Heisenberg, diria-se que, para carga e massa, poderíamos adotar a "ontologia do materialismo" da Física Clássica. Em palavras menos sóbrias, é como se, em relação à carga e à massa, a lua existisse independentemente do fato de olharmos ou não para ela; já em relação à coordenada e ao momento linear, a realidade somente passasse a existir na medida em que olhássemos para ela. A mistura filosófica daí resultante constitui-se em uma inconsistência grave. É evidente que se trata aqui de algo muito diferente da inconsistência "0 = 1", "n é par e ímpar", e coisas do gênero. No entanto, trata-se de uma inconsistência a considerar se não quisermos reduzir a Mecânica Quântica ao instrumentalismo utilitário e pragmático do "this works" versus "this does not work".

As inconsistências não ficam apenas por aí. As relações de Heisenberg envolvendo coordenada e momento linear têm um estatuto diferente de sua relação envolvendo energia e tempo. O tempo –diferentemente de energia, da coordenada e do momento linear– não tem um operador hermitiano associado e, conseqüentemente, não é um observável quântico como os outros (BUNGE, 2001; BUNGE, 1987, 73-83). Em outro contexto, Prigogine (1980) fez notar que, em Mecânica Quântica, o tempo aparece não como grandeza física, mas como mero parâmetro, não sendo uma grandeza do *devir* (becoming), mas do *ser* (being).

Um outro exemplo histórico extraordinário de que se pode ir avante com base em fundamentos inconsistentes foi Copérnico (1473-1543). Ele era um pensador de transição: tinha um pé nas doutrinas aristotélicas e outro na modernidade que então se iniciava. Sua recusa da Astronomia geocêntrica de Ptolomeu tem origem na recusa do movimento infinito com base na Física de Aristóteles, a qual, como sabemos, não admitia o infinito. Esta foi a razão pela qual Copérnico considerava que a Astronomia geocêntrica de Ptolomeu estava em flagrante contradição com a Física de Aristóteles. Na concepção geocêntrica de Ptolomeu, o Sol e todo o exército de astros giravam em torno de uma Terra, supostamente parada, perfazendo em torno dela uma volta completa ao cabo de 24 horas. Ora, segundo o raciocínio de Copérnico, os movimentos implicados (hoje diríamos velocidades) eram infinitos e isso é impossível com base na física de Aristóteles. O procedimento de Copérnico, contudo, é contraditório (portanto, inconsistente). Por um lado, adota a Física de Aristóteles como referencial teórico para recusar o infinito implicado pelo geocentrismo de Ptolomeu; por outro, no entanto, ao adotar o heliocentrismo e, portanto, ter que "parar" o céu, dando à Terra movimento de rotação diurno, contradiz flagrantemente o tratado dos céus de Aristóteles.

O procedimento de Copérnico, embora inconsistente com a teoria de Aristóteles (vista na sua totalidade) era dotado de uma heurística positiva, posto que a revolução científica é realizada por pensadores pós-copernicanos, notadamente Galileu, Kepler e Newton. Isso teve lugar ao se criar uma nova e revolucionária Física, uma nova e revolucionária Astronomia e depois, com a unificação dessas novas Física e Astronomia, em um único, formidável e coerente esquema teórico.

Uma lição importante se tira daqui. Embora o conhecimento humano contenha muitas inconsistências, as boas teorias, que são construídas no contexto de heurísticas positivas de programas científicos de pesquisa, constituem-se em luta permanente a fim de superá-las.

VI. Contradição no sentido da disparidade entre a Matemática e as propriedades objetivas da realidade

Vejamos outra acepção para o termo contradição. A realidade é descrita mediante um expediente cognitivo o qual flagrantemente a contradiz e, não obstante a essa flagrante contradição, vários aspectos da realidade são evidenciados. Acercar-se do real dessa maneira é muitas vezes chamada de idealização. As idealizações podem ser consideradas como procedimentos intelectuais, no sentido de formar uma caricatura do real, a fim de melhor descrevê-lo. Podemos fazer aqui uma analogia. Por exemplo, um(a) caricaturista quando vai desenhar um político que usa um penteado com topete vai –a fim de tornar o seu trabalho atraente, comunicativo e expressivo– justamente exagerar aquele traço. A caricatura aparecerá com um topete exagerado e justamente essa "falsificação" do real constituirá a ênfase no aspecto da realidade que se deseja enfocar em algum tipo de representação daquela pessoa (em que pese também o desejo de se enfocar alguma situação que, em princípio, nada tenha a ver com topetes).

A História da Física está repleta de exemplos significativos que lançam mão de procedimentos metodológicos do gênero. Tomemos a lei de inércia de Galileu-Descartes-Newton que tem uma história complexa, mas essa história não será tratada aqui.

A lei de inércia assevera que um corpo, deslocando-se em linha reta com velocidade constante e livre de quaisquer impedimentos e influências, manterá "ad infinitum" esse estado de movimento.

Ora, rigorosamente, uma tal lei somente poderia ser válida se houvesse, em todo o Universo, apenas um corpo deslocando-se em linha reta com velocidade constante imerso em um espaço vazio preexistente. No caso da existência de dois corpos, e tendo em vista a gravitação universal, então, ambos os corpos estariam sujeitos à interação gravitacional e, deste modo, a lei não se sustentaria. Além disso, como definir matematicamente o espaço vazio preexistente? Seria o espaço absoluto de Newton? Seria o conjunto dos referenciais inerciais do universo? A discussão é complexa e não será nosso foco aqui. O que pretendemos enfatizar é que, apesar de tudo isso, há situações altamente idealizadas nas quais a lei de inércia se aplica, como, por exemplo, o disco que desliza em uma plataforma de gelo seco em linha reta, com velocidade constante em relação ao referencial da plataforma. Essa idealização constitui-se em uma aproximação ótima, pois efeitos como gravitação, dissipação, calor, rotação diurna da Terra, etc., podem ser aqui inteiramente desprezados. Mais importante ainda é que toda essa idealização é necessária para fundar uma teoria[18], a um só tempo racional e empírica, como a mecânica de Newton, a qual é corroborada amplamente em muitas situações. Logo, o guia metodológico *'contradizer para melhor descrever'*[19] tem valor epistemológico. Essa contradição é um estratagema metodológico com o fito de acercar-se da realidade. É fundamental que se afirme mais uma vez, com ênfase, que isso nada tem a ver com o tipo de contradição eminentemente lógico que consiste em se incorporar (ao nosso ver, absolutamente inaceitável) coisas como "0 =1" e "n é par e ímpar".

Mas as coisas não ficam apenas por aí. O guia metodológico *'contradizer para melhor descrever'* tem muito mais valor epistemológico, ou seja, valor como provedor de processo cognitivo, do que se poderia, à primeira vista, conceber. Tudo isso deve ser concebido no contexto de uma história da ciência que seja dialética e imbuída de uma racionalidade ampliada tanto interna quanto externamente, inclusive com os parâmetros sócio-econômicos e políticos.

Vejamos agora um exemplo da História da Química. Foi Stanislao Cannizzaro (1826-1910) quem deu a explicação correta para a compreensão teórica da lei de combinação dos volumes dos gases de Gay-Lussac. A explicação de Cannizzaro embasa-se na hipótese de Avogadro segundo a qual, sob condições normais de temperatura e pressão, todos os gases contém, em um dado volume, o mesmo número de constituintes elementares, ou seja, o mesmo número de "partículas", hoje os chamaríamos de moléculas. (FERREIRA, 1970 ; KLINE, 1980, p. 93).

O famoso número de Avogadro, que é uma importante conquista cognitiva da ciência, repousa sobre o seguinte pressuposto: qualquer gás quando submetido às condições normais de temperatura e pressão é suficientemente diluído de tal manei-

---

[18] Além da lei da inércia (primeira lei de Newton), a mecânica de Newton é fundada na definição de força como derivada primeira do vetor quantidade de movimento em relação ao tempo (segunda lei de Newton) e da lei da ação e reação (terceira lei de Newton).

[19] No seu famoso livro *The Act of Creation* (p. 224-225), Arthur Koestler descreve *"que em tempos de crise esta se manifesta propriamente pelo relaxamento das rígidas regras do jogo como uma quebra de hábitos mentais e fronteiras absolutas."* Ele usou a expressão francesa *'reculer pour mieux sauter*', a exemplo de quem salta de um trampolim. Poderia-se ainda dizer *'dar um passo atrás para poder dar dois passos para a frente'*. No caso das *idealizações*, o guia metodológico *'contradizer para melhor descrever'* deve ser encarado em um contexto tal que permita destacar um ou alguns poucos aspectos dentre os muitos aspectos existentes. Bem entendido, esse procedimento nada tem a ver com eventuais violações do princípio da contradição da lógica. A 'contradição' aí se manifesta no contraste dialético da realidade com a descrição que se faz dela com o fito de avançar na compreensão.

ra que as dimensões d, típicas de suas moléculas, são muito menores que as dimensões correspondentes às distâncias intermoleculares médias D, isto é, D>>d.

Se aplicássemos a aritmética (como ciência da contagem), de uma maneira nua e crua, ao problema da combinação de 1 volume de Oxigênio com 2 volumes de Hidrogênio, então, deveríamos obter um composto resultante que, em princípio, deveria ter um volume que fosse igual a 1volume + 2 volumes = 3 volumes. No entanto, isso é falso pois o que se obtém quando se combina 1 volume de Oxigênio com 2 volumes de Hidrogênio são 2 volumes de vapor d'água (lei de Gay-Lussac) e não 3. A razão disso é que, quando se aplica, de maneira nua e crua, a aritmética à realidade empírica, há uma certa 'contradição' pois a aritmética –enquanto mera contagem– não leva em conta um imprescindível elemento da realidade que é a interação.

Também, caso se admita, tal como fez Dalton, que cada átomo de Hidrogênio combina-se com cada átomo de Oxigênio, obter-se-ia apenas, o que é experimentalmente falso, 1 volume de vapor d'água + 1 volume de Hidrogênio que não reagiu. Isso também não explica a lei de Gay-Lussac, o que prova que a hipótese de Dalton não é correta. (FERREIRA, 1970).

A explicação correta da lei de Gay-Lussac foi dada por Cannizzaro. Ele manteve a hipótese de Avogadro e, além disso, introduziu a conjectura luminosa (que é uma hipótese, embora embrionária, sobre as interações intervenientes no seio de cada um desses gases), segundo a qual o Oxigênio e o Hidrogênio são moléculas diatômicas. Assim,

$$2\ H_2 + 1\ O_2 \rightarrow 2\ H_2\ O$$

Esses volumes de moléculas diatômicas (2 de Hidrogênio e 1 de Oxigênio) representados pelo primeiro membro da equação química acima combinam-se e interagem para formar 2 volumes de um composto (a água em forma de vapor) cujo constituinte elementar (sua molécula) contém dois átomos de Hidrogênio e um de Oxigênio.

De maneira análoga, quando se combina 3 volumes de Hidrogênio com 1 volume de Nitrogênio, obtém-se 2 volumes de Amônia, e não 4, como se esperaria se a realidade seguisse, de maneira nua e crua, a aritmética. O que se obtém, em completa analogia com o caso anterior, é:

$$3\ H_2 + 1\ N_2 \rightarrow 2\ NH_3$$

Logo, a aritmética contradiz a realidade. No entanto, podemos, com o devido critério, utilizar-nos proveitosamente da aritmética quando seguimos o guia metodológico *'contradizer para melhor descrever',* o que deve ser entendido dentro de uma heurística positiva que faz progresso no sentido de melhor conhecer o mundo.

Vejamos, então, um exemplo ainda mais contundente (SELLERI, 1990, 11-39 ; SELLERI, 1989, 43-66) de que há contradição entre a aritmética e a realidade, mas que, no contexto dessa contradição, podemos ir avante dentro de um programa racional e científico de pesquisa. Suponhamos um número n de objetos enumerados por n = 1, 2, 3, 4,...

Agora, se considerarmos tais objetos enquanto sujeitos a mera contagem, tal como faz a aritmética, e o compararmos com a situação no contexto das interações envolvidas, então devemos ressaltar que há uma enorme diferença. Por exemplo, seja o seguinte quadro:

[1,1] [1,2] [1,3] [1,4] [1,5] [1,6]...................[1,n]

[2,1] [2,2] [2,3] [2,4] [2,5] [2,6]...................[2,n]

[3,1] [3,2] [3,3] [3,4] [3,5] [3,6]...................[3,n]

[4,1] [4,2] [4,3] [4,4] [4,5] [4,6]...................[4,n]

[5,1] [5,2] [5,3] [5,4] [5,5] [5,6]...................[5,n]

[6,1] [6,2] [6,3] [6,4] [6,5] [6,6]...................[6,n]

....

....

....

[n,1] [n,2] [n,3] [n,4] [n,5] [n,6]...................[n,n]

onde, por exemplo, [2,3] significa a interação do objeto 2 com o objeto 3. Ora o número de pares interagentes é facilmente calculado. Para n objetos, temos no quadro n^2 pares. Mas as auto-interações tipo [1,1], [2,2], [3,3],...[n,n] devem ser excluídas e elas formam n pares. Contudo, esses (n^2-n) pares ainda se encontram duplicados pois a interação [4,5] é a mesma interação [5,4]. Logo, quando temos n objetos, o número de pares interagentes envolvidos é de:

$$\frac{n^2 - n}{2}$$

Agora, pela aritmética, n objetos são simplesmente n objetos. Não há saltos qualitativos novos, independentemente do valor n. Agora, do ponto de vista das interações mútuas, n objetos implicam em $(n^2 - n)/2$ pares interagentes. Para $n>>1$, teremos, $(n^2 - n)/2 \approx n^2$. Ora, um número ao quadrado é muito diferente do próprio número. O número de pares interagentes cresce com n^2, enquanto o número de objetos cresce linearmente com n. Assim, 10^{35} partículas não são simplesmente uma quantidade que é $1+1+1+... = 10^{35}$. É importante ter em mente que 10^{35} partículas em interação mútua implicam em um número de pares interagentes da ordem de 10^{70}, o que é coisa bem diferente de supor apenas 10^{35}. Ora, a famosa fórmula de Einstein $E = mc^2$, (onde m inclui todas as interações entre os pares constituintes do sistema que se considere de massa total m, interações essas cuja energia está associada a uma massa) não se constitui em uma descrição puramente aritmética. Ora, essa é uma energia espantosa, inclusive, até uma gigantesca explosão. A aritmética, nua e crua, não pode dar conta dessa explosão. Em que pese tudo isso, é perfeitamente possível usar a aritmética no contexto de uma heurística positiva dentro do guia metodológico ‘contradizer para melhor descrever’. Mais uma vez, ressaltamos que isso nada tem a ver com aquelas contradições inaceitáveis que destroem qualquer possibilidade de discurso racional.

Também lançamos mão da geometria para descrever o mundo. Mas esta também “contradiz” a realidade. A geometria admite o contínuo enquanto a realidade atômica é discreta. Trata-se de outro luminoso exemplo dessa metodologia de ‘contradizer para melhor descrever’.

VII. Discussão final e conclusões

Do que discutimos aqui neste trabalho, podemos ver que o termo contradição assume um leque de significados e acepções. De fato, aquelas, no sentido lógico do termo como “0=1”, uma “equação que soma energia com potência com volume e com temperatura”, obviamente são exemplos de coisas que não tem sustentação lógica e, deste modo, não podem fazer parte de procedimentos para se avançar.

Não podemos lançar mão de grandezas heterogêneas em uma mesma equação pois, deste modo, não seriam sequer constituintes de uma genuína e correta equação. Também não podemos conceber uma equação que contenha parcelas de dimensões fisicamente diferentes, e aqui não estamos falando de uma situação apenas aparente, na qual intervêm constantes base que são postuladas como iguais a 1, como, por exemplo, é o caso da equação de Schrödinger quando se apresenta escrita em unidades tais que $(h/2\pi) = 1$ e $2m = 1$, mas em uma situação onde o absurdo advém explicitamente. É aqui interessante ressaltar que, no caso das ‘equações’ representativas das reações químicas da seção anterior parece, à primeira vista, contraditório, o fato de que a flecha não tem propriamente o exato significado do sinal de igualdade. Alternativamente, poderia-se dizer que a parcela Hidrogênio é qualitativamente diferente da parcela Oxigênio, e que ambas são qualitativamente diferentes da parcela vapor d'água. Realmente, as parcelas envolvidas são relativas a substâncias qualitativamente diferentes e, exatamente por isso, a igualdade não faria sentido, pois as qualidades envolvidas não são homogêneas neste estrito ponto de vista. De acordo com ele, as grandezas envolvidas nas parcelas são heterogêneas. O mesmo acontece no caso da outra ‘equação’ química. A parcela Hidrogênio é qualitativamente diferente da parcela Nitrogênio e ambas as parcelas precedentes são qualitativamente diferentes da parcela Amônia. Mais uma vez uma ‘equação’ não poderia ser, rigorosa e corretamente, escrita sob este estrito aspecto, pois as suas parcelas são heterogêneas. No entanto, há um aspecto em que ambas as ‘equações’ químicas são homogêneas e, apenas sob este ponto de vista, funcionam como uma equação no sentido genuíno do termo. As reações químicas têm lugar de tal maneira a preservar as unidades básicas, que são os átomos. Consideremos a primeira 'equação' química. Repare que o número de átomos de Hidrogênio no membro esquerdo (ou seja, à esquerda da flecha representativa) é exatamente igual ao número de átomos de Hidrogênio no membro direito (ou seja, à direita da flecha); o mesmo ocorre para o número de átomos de Oxigênio que se encontra à esquerda da flecha representativa e o número correspondente que se acha à direita da flecha. No que concerne à segunda 'equação'química, o mesmo ocorre: o número de átomos de Nitrogênio à esquerda da flecha é o mesmo número de átomos de Nitrogênio à direita da flecha e, evidentemente, também o mesmo se dá para o Hidrogênio.

No caso dos fenômenos de aniquilação e criação, que eram desconhecidos para os físicos do século XIX, e que somente se tornaram conhecidos a partir do século XX, poder-se-ia supor que, à primeira vista, não haveria mais sentido em se preservar uma lei básica da lógica, como a lei da identidade segundo a qual A é A. Como no complexo 'caldeirão' das altas energias as partículas são aniquiladas e criadas, que sentido então faria uma insistência em uma identidade de objetos submetidos a um intenso devir? No entanto, o conceito de identidade é aí deslocado para uma propriedade homogênea (nesse sentido, também é uma qualidade unificadora) que é a energia. Por exemplo, um par elétron-pósitron pode se aniquilar dando vazão a dois fótons de raio gama, e vice-versa, dois fótons de raio gama podem dar lugar à criação de um par elétron-pósitron. A energia de repouso do par é inteiramente convertida em energia de movimento do par de fótons e, vice-versa, a energia de movimento dos fótons pode dar vazão à "criação" do par elétron-pósitron. A estrutura de uma equação da energia (evidentemente, na qual todas as suas parcelas tenham a dimensão de energia) constitui-se em tudo o que se precisa para satisfazer os requisitos no sentido em que discutimos na seção III (exemplo III.3). Deste modo, podemos dizer que nada disso que analisamos viola os princípios da identidade e da contradição.

Podemos tirar dessa discussão algumas lições. A primeira delas, tal como já vimos, é que o fato de uma reação química apresentar em cada uma de suas 'parcelas' substâncias qualitativamente diferentes entre si –e, portanto, heterogêneas deste estrito ponto de vista– não significa que não haja nenhum aspecto em que se dê algum tipo de homogeneidade. Aliás, para que uma equação genuína e correta admita ser escrita, faz-se necessário encontrar esse aspecto e é exatamente em relação a ele que a equação se configura válida. No caso das reações químicas, esse aspecto homogêneo é exatamente aquele no sentido da lei de conservação da massa de Lavoisier: o número de átomos de cada tipo é sempre o mesmo nos dois lados da equação. No que concerne aos espetaculares fenômenos de aniquilação e criação da física de altas energias, os desaparecimentos de massas de repouso e suas transformações em energias de movimento, e vice versa, nada têm a ver com supostas "dissoluções" da realidade. Há uma grandeza homogênea para esse caso –a energia– e há uma lei de conservação (a conservação da energia), a qual assume o papel preponderante numa equação genuína.

A segunda lição diz respeito a um mito. Trata-se de um mito e um mal-entendido o parecer segundo o qual o princípio da contradição valeria apenas para o mundo do *ser,* mas não para o mundo do *devir*. Ora, as equações podem expressar fenômenos altamente irreversíveis e, portanto, dotados de intenso *devir*. Há em toda mudança algum aspecto que não muda (se conserva); do contrário, sequer poder-se-ia estudar a mudança. Em outras palavras, há no que muda algo que não muda. A própria Física as combina nos conceitos de energia e de entropia. Deste modo, os aspectos parmenidianos e heracliteanos da ciência moderna, ao invés de se excluírem, coexistem. Em nada disso, o princípio da contradição parece titubear. Em outras palavras, tal princípio sobrevive a um mundo que combina evolução com permanência.

Concluindo este trabalho, esperamos ter contribuído para que alguns mal-entendidos sejam discutidos de maneira crítica, mediante uma perquirição cuidadosa. Talvez, ainda mais importante seja que, a partir do esclarecimento desses mal-entendidos, este artigo possa servir de estímulo para uma discussão fértil e duradoura envolvendo professores e estudantes de Matemática, Ciências Naturais e Sociais, Filosofia e, enfim, de quaisquer campos disciplinares e interdisciplinares.

VIII. Referências Bibliográficas

ALEXANDER, H. G. The Leibniz-Clarke Correspondence. New York: Manchester University Press, Barnes & Noble, 1956.

ARISTÓTELES. **Metafísica.** Tradução de F. P. Samaranch. Madrid: Aguilar, 1964.

ARISTÓTELES. Metaphysics. In: BRITANNICA, Aristotle I. Tradução de W. D. Ross. Chicago, London: Great Books, 1952. v. 8

BASTOS FILHO, J. B.; XAVIER DE ARAÚJO, R. M. Dimensional analysis and fundamental physical constants in n-dimensional spaces for n real. In: **Advances in Fundamental Physics**. Palm Harbor: M. Barone & F. Selleri, Hadronic Press, Palm Harbor, 1995. p. 11-22.

BASTOS FILHO, J. B. **O que é uma teoria científica? (Uma breve provocação sobre um tema complexo)**. Maceió: EDUFAL, 1998.

BASTOS FILHO, J. B. Pode-se progredir com base em fundamentos inconsistentes? Submetido à publicação no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, em 2003.

BLANCHÉ, R. **A ciência atual e o racionalismo**. Porto: Rés, 1983.

BOYER, C. B. **Storia della Matematica**. Milão: Oscar Saggi Mondadori, 1990.

BUNGE, M. **Epistemologia (Curso de Atualização)**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1987.

BUNGE, M. Twenty-five centuries of Quantum Physics: from Pythagoras to us, and from subjectivism to realism. **Science & Education**, 2001.

CARAÇA, B. J. **Conceitos Fundamentais da Matemática**. Lisboa: Sá da Costa Editora, 1984.

DA COSTA, N. C. A. **Ensaio sobre os Fundamentos da Lógica**. São Paulo: Hicitec, São Paulo: Editora da USP, 1980.

DA COSTA, N. C. A. **O Conhecimento Científico**. São Paulo: Discurso Editorial, 1997.

FERREIRA, R. Chemists' involvement in society. Part II. Stanislao Cannizzaro. **Chemistry**, v. 43, p. 12-13, 1970.

HEGEL, G. W. F. Philosophy of Right, In: BRITANNICA, Hegel. Chicago, London; Great Books, 1952, 1978. v. 46.

HOLTON, G. **A Imaginação Científica**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

KLINE, M. **Mathematics – The Loss of Certainty**, Oxford: Oxford University Press, 1980.

KOESTLER, A. **The Act of Creation**, New York: The Macmillan Company, 1964.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica', In: I. Lakatos; A. Musgrave (org), **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 109-243

LEIBNIZ, G. W. Correspondência com Clarke. In: OS PENSADORES, Leibniz. São Paulo: Nova Cultural, 1988. v. II, p. 233-298.

MARX, K.; ENGELS, F. Manifesto of Communist Party In: BRITANNICA, Marx. Chicago, London; Great Books, 1952, 1978. v. 50.

POPPER, K. R. **Conjecturas e Refutações**. Brasília: Editora da UNB, 1982.

POPPER, K. R. **Conjectures and refutations (the growth of scientific knowledge)**. London, New York: Routledge, 1989.

PRIGOGINE, I. **From being to becomming: time and complexity in the physical science**. San Francisco: W. H. Freeman Company, 1980.

SELLERI, F. **Física senza dogma (la conoscenza scientifica tra sviluppo e regressione).** Bari: Edizioni Dedalo, 1989.

SELLERI, F. **Paradoxos e realidade (Ensaio sobre os fundamentos da micro-física)**. Lisboa: Editorial Fragmentos, 1990.

Agradecimentos

Agradecemos aos dois árbitros deste trabalho pelas sugestões; a um deles, em especial, pela referência e pela citação de Blanché.