LÓGICA E TRANSDISCIPLINARIDADE

[Publicado em DOMINGUES, Ivan (Org.). Conhecimento e Transdisciplinaridade II: Aspectos Metodológicos. Belo Horizonte, 2005, p. 137-168]

Paulo Roberto Margutti Pinto

I – Introdução

A questão da transdisciplinaridade é talvez uma das mais importantes nos dias de hoje, merecendo por isso uma cuidadosa investigação. Tendo em vista que a lógica contemporânea atingiu um grau de desenvolvimento excepcional, torna-se necessário saber em que medida ela pode auxiliar adequadamente na construção de uma abordagem de caráter transdisciplinar. O presente trabalho pretende avaliar, ainda que superficialmente e em nível sobretudo programático, o potencial da lógica contemporânea para a realização desta tarefa.

Estamos supondo que o público leitor desse livro conheça pouco os avanços da lógica desde os trabalhos de Frege. Assim, para atingir o objetivo proposto acima, percorreremos as seguintes etapas. Primeiramente, apresentaremos os principais aspectos do modelo elaborado por Gottlob Frege, o qual constitui o fundamento da lógica contemporânea em sua forma simbólico-matemática. Em segundo lugar, mostraremos alguns dos principais avanços das lógicas não-clássicas, construídas a partir da contestação do modelo fregiano. Em terceiro, tentaremos avaliar em que medida tanto a lógica fregiana como os sistemas não-clássicos podem contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem transdisciplinar. Em quarto e último lugar, veremos que conclusões podem ser extraídas da presente discussão.

II – Principais aspectos do modelo elaborado por Gottlob Frege

Para avaliar em toda a sua extensão a contribuição de Frege, veremos inicialmente alguns dos principais aspectos do modelo aristotélico-medieval, uma vez que foram as dificuldades provenientes desse modelo que levaram ao aparecimento da abordagem fregiana.

Segundo Aristóteles e seus seguidores medievais, a lógica é o estudo das inferências feitas com o auxílio de sentenças declarativas. Essas últimas possuem uma estrutura comum, que pode constituir sua *forma geral.* De acordo com ela, toda sentença pode ser analisada nos seguintes elementos constitutivos:

S é P

No esquema acima, *S* corresponde ao *sujeito* — aquele de quem se diz alguma coisa —, *P*, ao *predicado* — aquilo que se diz do sujeito —, sendo ambos ligados através da *cópula,* representada pela palavra *é*. Esta análise permite que Aristóteles faça a seguinte classificação das sentenças declarativas, com base na extensão do sujeito (universal ou particular) e no tipo de ligação entre sujeito e predicado (afirmação ou negação):

Universal afirmativa: Todo A é B

Universal negativa: Nenhum A é B

Particular afirmativa: Algum A é B

Particular negativa: Algum A não é B

A partir desta classificação, Aristóteles constrói o famoso *quadrado lógico da oposição*, que mostra as principais relações entre essas sentenças:

Todo A é B		<= contrárias =>		Nenhum A é B
⇑	↖		↗	⇑
subalternas		contraditórias		subalternas
⇓	↙		↘	⇓
Algum A é B		<= subcontrárias =>		Algum A não é B

Aqui, duas sentenças contraditórias não podem ser nem verdadeiras nem falsas ao mesmo tempo — é o caso dos pares *Todo A é B/Algum A não é B* e *Nenhum A é B/Algum A é B*); duas sentenças contrárias não podem ser verdadeiras ao mesmo tempo, mas podem ser falsas ao mesmo tempo — é o caso de *Todo A é B* e *Nenhum A é B*; duas subcontrárias podem ser verdadeiras ao mesmo tempo, mas não podem ser falsas ao mesmo tempo — é o caso de *Algum A é B* e *Algum A não é B*; duas subalternas são tais que a sentença universal implica a particular — é o caso dos pares *Todo A é B/Algum A é B* e *Nenhum A é B/Algum A não é B*.

Embora tenha sido de grande utilidade por muitos séculos, o modelo aristotélico-medieval entra em crise no final do século XIX, quando sua capacidade de expressar adequadamente as relações lógicas envolvidas pelas sentenças matemáticas começou a ser questionada. São as seguintes as principais dificuldades do modelo aristotélico-medieval:

1) A sentença *Sócrates é mortal* é universal afirmativa, porque o sujeito *Sócrates* é tomado em toda a sua extensão. Mesmo assim, diferentemente de *Todo homem é mortal*, que tem contraditória (*Algum homem não é mortal*) e contrária (*Nenhum homem é mortal*), *Sócrates é mortal* só tem contraditória (*Sócrates não é mortal*).

2) A sentença da forma *S é P* pode ser convertida numa outra, que lhe é equivalente, possuindo a forma *P é S,* desde que algumas regras sejam obedecidas. Desse modo, a sentença *Algum A é B* pode ser convertida em sua equivalente *Algum B é A*; a sentença *Todo A é B* pode ser convertida em sua equivalente *Algum B é A*. Mas isso significa que as noções de *sujeito lógico* e *predicado lógico* dependem só da posição e são, em última instância, indistintas.

3) O argumento

Todo A é B

Todo C é A

Logo, todo C é B

é um silogismo categórico, em que B é o termo maior, C é o termo menor e A é o termo médio. A validade da inferência é determinada a partir da análise "interna" das relações entre os termos que constituem as respectivas sentenças a que pertencem. Mas o argumento

Se todo A é B, então todo C é D

Todo A é B

Logo, todo C é D

não é um silogismo, pois a validade da inferência é determinada a partir das relações "externas" entre as sentenças envolvidas, sem necessidade de considerar o que ocorre com os termos *A, B, C* e *D*. Mesmo assim, os lógicos aristotélico-medievais denominam esse tipo de argumento *silogismo hipotético*. Isso envolve uma problemática ausência de distinção entre a análise de uma sentença com base nas relações entre suas partes constitutivas e a análise de uma sentença com base nas suas relações com outras sentenças.

Para superar essas dificuldades, Gottlob Frege (1848-1925) adotou uma abordagem bastante revolucionária. Primeiramente, ele procurou fazer uma distinção entre a perspectiva inter-sentencial e a intra-sentencial. Na primeira delas, interessam apenas as relações exteriores entre as sentenças, o que permite representá-las por uma única letra, como se fossem blocos fechados. É o que acontece na representação do argumento abaixo. Nele, apesar de cada letra representar uma sentença em forma não-analisada, as relações lógicas entre as sentenças estão claramente explicitadas:

Se P, então Q. Ora, P. Logo, Q.

Esta é a forma adequada para expressar as relações envolvidas pelo "silogismo hipotético" dos medievais, acima mencionado — ao invés de *todo A é B*, temos simplesmente *P;* ao invés de *todo C é D*, temos *Q;* com isso, *se todo A é B, então todo C é D* equivale a *se P, então Q*. No caso da perspectiva intra-sentencial, interessam também as relações entre os termos componentes das sentenças envolvidas, o que nos leva a representá-las em forma analisada. É o que acontece no caso do argumento abaixo. Nele, as relações internas entre os termos constitutivos das sentenças e as relações externas entre as sentenças estão claramente explicitadas:

Para todo x, se x é F, então x é G

Ora, x é F

Logo, x é G

Em segundo lugar, Frege usa as noções matemáticas de *argumento* e *função* para analisar a estrutura da sentença na perspectiva intra-sentencial. Seja, por exemplo, a sentença

Sócrates é mortal.

Ela pode ser desmembrada em dois componentes básicos: um *sujeito lógico*, representado pelo nome *Sócrates*, e um *predicado lógico*, representado pela expressão *x é mortal*, em que a variável *x* equivale a um espaço em branco que pode ser ocupado por qualquer indivíduo que tenha a propriedade de ser mortal. Em termos matemáticos, o *sujeito lógico* e o *predicado lógico* correspondem respectivamente ao *argumento* e à *função*:

Sócrates é mortal = argumento 'Sócrates' + função 'x é mortal'.

Esta abordagem produz uma série de conseqüências importantes. Em primeiro lugar, obtemos nova análise das sentenças universais aristotélicas:

Todo A é B equivale a *Para todo x, se x é A, então x é B*

Nenhum A é B equivale a *Para todo x, se x é A, então x não é B*

Em segundo lugar, temos também uma nova maneira de compreender as sentenças particulares aristotélicas:

Algum A é B equivale a *Existe um x tal que x é A e x é B*

Algum A não é B equivale a *Existe um x tal que x é A e x não é B*

Em terceiro lugar, podemos ver que as sentenças *Sócrates é mortal* e *Todo homem é mortal* são estruturalmente diferentes:

Sócrates é mortal equivale a *s é mortal* (*s* representa o nome próprio *Sócrates*);

Todo homem é mortal equivale a *Para todo x, se x é homem, então x é mortal*.

Como se pode ver, essas duas sentenças *não são* logicamente equivalentes, pois a primeira corresponde a uma sentença declarativa completa, com sujeito e predicado definidos, enquanto a segunda corresponde a uma sentença condicional disfarçada em declarativa, não possuindo sujeito lógico e apenas articulando dois predicados (*x é homem* e *x é mortal*). Isso possibilita uma articulação adequada entre a perspectiva inter-sentencial — cálculo sentencial — e a perspectiva intra-sentencial — cálculo de predicados —, revelando, pela primeira vez, as verdadeiras relações entre as mesmas.

Em quarto lugar, as relações do quadrado lógico da oposição, tal como elaborado por Aristóteles, ficam bastante alteradas:

Todo A é B $(x)[Ax \Rightarrow Bx]$		Nenhum A é B $(x)[Ax \Rightarrow \sim Bx]$
	↖ ↗ contraditórias ↙ ↘	
Algum A é B $(\exists x)[Ax \& Bx]$		Algum A não é B $(\exists x)[Ax \& \sim Bx]$

Aqui, *Todo A é B* e *Nenhum A é B* deixam de ser contrárias, pois podem ser verdadeiras ao mesmo tempo; *Algum A é B* e *Algum A não é B* deixam de ser subcontrárias, pois podem ser falsas ao mesmo tempo; as sentenças pertencentes aos pares *Todo A é B*/*Algum A é B* e

Nenhum A é B/Algum A não é B deixam de ser subalternas, pois a universal não mais implica a particular. Apesar disso, as sentenças dos pares *Todo A é B/Algum A não é B* e *Nenhum A é B/Algum A é B* continuam não podendo ser verdadeiras nem falsas ao mesmo tempo. Assim, dentre as relações apontadas por Aristóteles, sobrevive apenas a de contradição.

Em quinto lugar, a abordagem de Frege permite um tratamento inteiramente *extensional* dos conceitos e operadores lógicos. Esse tratamento ocorre quando é possível construir para uma dada expressão uma tabela de valores-verdade em que todos os espaços estejam devidamente preenchidos. É o caso, por exemplo, da conectiva da conjunção:

P	Q	P & Q
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Embora a solução proposta por Frege seja brilhante e frutífera, ela também apresenta algumas dificuldades. A principal delas tem a ver com a conectiva da *condicional material*, que possui propriedades paradoxais. Consideremos a tabela abaixo:

P	Q	P => Q
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Analisando a primeira e a terceira linha desta tabela, vemos que, se o conseqüente *Q* for verdadeiro, a implicação será sempre verdadeira. Além disso, pela consideração da terceira e quarta linhas, vemos que, se o antecedente *P* for falso, a implicação também será sempre verdadeira. Assim, uma sentença verdadeira é implicada por qualquer sentença e uma sentença falsa implica qualquer sentença. E duas sentenças quaisquer podem ser ligadas pela conectiva em questão, mesmo que não tenham qualquer ligação lógica entre si. Isso torna válida a fórmula *(R => S) v (R => ~S)*, segundo a qual, dadas duas sentenças quaisquer, no caso *R* e *S*, então ou *R* implica *S* ou *R* implica a negação de *S*.[i]

Apesar de suas limitações, a lógica binária de tipo fregiano tem sido aplicada com sucesso na solução de inúmeros problemas, envolvendo inclusive a elaboração de programas de computador capazes de realizar tarefas extremamente complicadas, como, por exemplo, jogar xadrez com um grande mestre e vencê-lo.

II. Apresentação de algumas lógicas não-clássicas

Uma vez estabelecida a abordagem de Frege nos estudos de lógica, a qual dá origem ao cálculo clássico tal como exposto nos *Principia Mathematica* de Russell e Whitehead, surgem diversos sistemas alternativos, denominados *cálculos não-clássicos*. Dentre eles, destacam-se a Lógica Modal, a Lógica Plurivalente, a Lógica Paraconsistente, a Lógica Intuicionista, a Lógica Relevante, a Lógica Erotética, a Lógica Fuzzy, etc. No que segue, daremos uma pequena idéia dos objetivos e significados de alguns desses cálculos.

A **Lógica Modal** surge como tentativa de se encontrar uma melhor abordagem para a condicional material. Nessa lógica, a condicional representada por *se P, então Q*, que possui as propriedades paradoxais indicadas acima, é substituída pela noção de *implicação estrita*, que supõe uma relação necessária entre o antecedente e o conseqüente. Assim, a sentença *se P, então Q* é interpretada como significando que P implica estritamente *Q* e equivalendo a *necessariamente: se P, então Q*. A condicional usada por Frege é conservada, mas introduz-se um operador modal que reforça a conexão lógica entre antecedente e conseqüente. Esta relação é representada da seguinte maneira:

L(P => Q).

Aqui, o símbolo *L* corresponde a *necessariamente*. Outro operador modal muito utilizado é o da possibilidade, representado por *M*. Os diversos sistemas modais são construídos pela adição gradativa de axiomas modais ao cálculo clássico. O sistema modal mais simples é o que resulta quando adicionamos aos axiomas do cálculo proposicional clássico o axioma K: $L(p \supset q) \supset (Lp \supset Lq)$. A partir desse, temos, em ordem de complexidade crescente, os sistemas T, D, S4, S5, etc. Cada um resulta do acréscimo de pelo menos mais um axioma modal ao conjunto de axiomas do sistema anterior.

A construção da lógica modal gera as seguintes conseqüências. Em primeiro lugar, a introdução de novos operadores traz consigo novas relações lógicas, que se baseiam nas definições seguintes:

Lp = é necessário que p;

Mp = é possível que p;

Lp ⇔ ~M~p (necessário p = não possível não p);

Mp ⇔ ~L~p (possível p = não necessário não p).

Em segundo lugar, cai o tratamento extensional dos operadores lógicos. Do ponto de vista da bivalência do cálculo clássico, os operadores modais são *intensionais*. Isso significa que a tabela bivalente de valores-verdade apresenta lacunas em seu preenchimento, como se pode ver pelo quadro abaixo:

p	Lp	Mp	L~p	M~p
V	?	V	F	?
F	F	?	?	V

Se a sentença *p* é verdadeira, por exemplo, isso não oferece informações suficientes para sabermos se a sentença *Lp* (*é necessário que p*) é verdadeira ou falsa; se *p* é falsa, por outro lado, não temos condições de saber se *Mp* (*é possível que p*) é verdadeira ou falsa; e assim sucessivamente.

Em terceiro lugar, os novos operadores podem ser reiterados indefinidamente, gerando expressões muito pouco intuitivas e difíceis de avaliar, como em *LMMLMLMMMLp*. Para resolver esse problema, são necessárias *regras de redução*, por intermédio das quais as expressões modais mais complexas, envolvendo um grande número de operadores modais, podem ser reduzidas a expressões mais simples, com apenas um operador modal. Essas regras de redução são quatro, conforme explicitado no esquema abaixo:

LMp ≡ Mp

MLp ≡ Lp

$MMp \equiv Mp$

$LLp \equiv Lp$

Com base nestas regras, a expressão acima pode ser reduzida da seguinte maneira: *LMMLMLMMMLp ≡ MMLMLMMMLp ≡ MLMLMMMLp ≡ LMLMMMLp ≡ MLMMMLp ≡ LMMMLp ≡ MMMLp ≡ MMLp ≡ MLp ≡ Lp*. O sistema modal S5, elaborado por Lewis, contém todas as quatro regras.

Em quarto lugar, estes operadores também admitem paradoxos. A expressão *L(q => Lp)*, por exemplo, que é um teorema, nos diz que uma sentença necessária — no caso, *Lp* — é implicada estritamente por qualquer sentença — no caso, *q*. *L(~Mq => p)*, que também é um teorema, por sua vez nos diz que uma sentença impossível — no caso, *~Mp* — implica estritamente qualquer sentença — no caso, *p*. Nessa perspectiva, a implicação estrita simplesmente "modalizou" os paradoxos da implicação material.[ii]

As **Lógicas Plurivalentes** surgem quando a bivalência da lógica fregiana é colocada em questão. Isso acontece a partir do momento em que Lukasievicz tenta encontrar uma forma adequada de estudar os *futuros contingentes*. Uma sentença como *amanhã vai chover* ainda não é nem verdadeira nem falsa no momento de sua enunciação. Caso contrário, tudo já estaria necessariamente determinado antes de acontecer. Isso se chocaria não só com nossa idéia de liberdade, mas também com a noção de que o evento descrito pela sentença *amanhã vai chover* é contingente e não necessário. Para trabalhar com esse tipo de sentença, Lukasiewicz desenvolve uma **Lógica Trivalente**, em que o valor ½ é acrescentado aos valores *0* e *1*. A tabela abaixo mostra os valores-verdade das principais conectivas da lógica trivalente de Lukasiewicz:

p	q	~p	~q	p v q	p & q	p => q
1	1	0	0	1	1	1
1	½	0	½	1	½	½
1	0	0	1	1	0	0
½	1	½	0	1	½	1
½	½	½	½	½	½	1
½	0	½	1	½	0	½
0	1	1	0	1	0	1
0	½	1	½	½	0	1
0	0	1	1	0	0	1

Como se pode ver, para duas sentenças, *p* e *q*, a tabela envolve nove combinações possíveis de valores-verdade, diferentemente das quatro combinações possíveis da lógica binária fregiana. Supondo que *x* e *y* sejam os valores-verdade de *p* e *q*, respectivamente, as regras para calcular os valores de cada coluna, a partir da terceira, são as seguintes.

Regra para a negação: se o grau de verdade duma sentença diminui, podemos supor intuitivamente que o valor correspondente de sua negação aumenta e vice-versa. Neste caso, se *p* vale *x*, a negação de *p* vale *1 – x*. Assim, quando *p* tem o valor *1*, sua negação vale *1 - 1 = 0*; quando *p* tem o valor *0*, sua negação vale *1 - 0 = 1*; quando *p* tem o valor *½*, sua negação vale *1 - ½ = ½*. O mesmo se aplica a *q*.

Regra para a disjunção: seguindo o espírito da lógica bivalente, podemos dizer que o valor-verdade da articulação de duas sentenças através da conectiva *ou* é determinado por aquela que apresenta o maior grau de verdade. Desse modo, quando *p* vale *1* e *q* vale *1*, *p v q* vale *1*; quando *p* vale *1* e *q* vale *½*, *p v q* vale *1*; quando *p* vale *1* e *q* vale *0*, *p v q* vale *1*; e assim sucessivamente. Isso corresponde à função matemática *Max(x, y)*, que escolhe o maior dentre dois números *x* e *y*.

Regra para a conjunção: seguindo o espírito da lógica bivalente, podemos dizer que o valor-verdade da articulação de duas sentenças através da conectiva *e* é determinado por aquela que apresenta o menor grau de verdade. Desse modo, quando *p* vale *1* e *q* vale *1*, *p & q* vale *1*; quando *p* vale *1* e *q* vale *½*, *p & q* vale *½*; quando *p* vale *1* e *q* vale *0*, *p & q* vale

0; e assim sucessivamente. Isso corresponde à função matemática *Min(x, y,)* que escolhe o menor dentre dois números *x* e *y*.

Regra para a condicional: também podemos seguir aqui o espírito da lógica bivalente. Se $x \leq y$, o valor de *p => q* é *1*; se *x > y,* então *p => q* vale *1 – (x – y)* — aqui, *x* e *y* só podem assumir um dentre três valores possíveis: *1*, *½* e *0*. Desse modo, quando *p* vale *1* e *q* vale *1*, *p => q* vale *1*; quando *p* vale *1* e *q* vale *½*, *p => q* vale *1 - (1 - ½) = ½*; quando *p* vale *1* e *q* vale *0*, *p => q* vale *1 - (1- 0) = 0*; e assim sucessivamente. Intuitivamente, esta situação poderia ser descrita da maneira que segue: se o antecedente *p* é menos verdadeiro do que o conseqüente *q*, então o valor de *p => q* é *1*; se o conseqüente *q* é menos verdadeiro do que o antecedente *p*, então o valor de *p => q* não pode ser *1* e seu valor é determinado pelo decréscimo do grau de verdade quando passamos de *p* para *q* — daí termos subtraído de *1* a diferença entre *x* e *y* para determinar o valor de *p => q*.

Uma das conseqüências importantes da lógica trivalente está em que certas sentenças essenciais da abordagem bivalente deixam de ser tautologias. Assim, embora a auto-implicação de uma sentença, representada por *p => p*, ainda seja uma lei lógica, o princípio do terceiro excluído, representado por *p v ~p*, e a lei de não-contradição, representada por *~(p & ~p)*, já não possuem validade em todos os casos, como se pode ver pela tabela abaixo[iii]:

p	~p	p v ~p	p & ~p	~(p & ~p)	p => p
1	0	1	0	1	1
½	½	½	½	½	1
0	1	1	0	1	1

Na lógica binária clássica, *p v ~p* e *~(p & ~p)* só apresentariam o valor *1*, enquanto *p & ~p* só teria o valor *0*. Isso significa que o sistema proposto por Lukasiewicz já aponta em direção à lógica paraconsistente e à lógica do terceiro incluído, que serão comentadas mais adiante.

Na lógica trivalente, a maior parte das expressões que servem de base para a demonstração por absurdo deixam de ser tautologias. Mesmo assim, essas expressões jamais apresentam o valor *0* nas tabelas correspondentes, oscilando entre os valores *1* e *½*.

Todas as fórmulas que são válidas nessa lógica também se revelam válidas no cálculo bivalente tradicional.

Neste ponto, cabe observar que é possível dar um tratamento extensional à lógica modal através de tabelas trivalentes. Com efeito, a adoção de pelo menos mais um valor pode permitir o preenchimento das lacunas nas tabelas de valores-verdade das expressões modais. O quadro abaixo mostra uma tabela trivalente para os operadores modais da necessidade e da possibilidade:

p	Lp	Mp	L~p	M~p
1	½	1	0	½
½	½	½	½	½
0	0	½	½	1

Isso sugere a possibilidade de efetuarmos uma aproximação entre a lógica modal e a trivalente.

A proposta de Lukasiewicz constitui um primeiro exemplo de lógica plurivalente. De fato, uma vez contestada a bivalência, podemos adotar não só três valores-verdade, mas quatro, cinco, ou quantos quisermos. Basta construir uma tabela com n valores-verdade para se obter uma lógica n-valente, sendo n tão grande quanto se queira. Isso permite concluir que há uma grande variedade de lógicas plurivalentes e que em muitas delas as tautologias não constituem um subconjunto das tautologias da lógica bivalente tradicional. E os sistemas não-clássicos podem ter tratamento extensional através de tabelas plurivalentes.[iv]

A **Lógica Imprecisa** (*fuzzy*), admite um número infinito de valores-verdade entre 0 e 1, trabalhando com domínios em que predomina a *vaguidade*. Tais domínios são bem caracterizados por predicados como *x está bêbado*, *x está sóbrio*, *x é saudável*, *x é doente*, *x é normal*, *x é anormal*, *x é alto*, *x é baixo*, *x é uma criança*, *x é um adulto* etc.

Para ilustrar o que ocorre nestes casos, suponhamos que João esteja bêbado. Se isso é verdade, então ele também estará bêbado um segundo depois. O mesmo acontecerá um segundo depois e mais um segundo depois. Como não é possível determinar o segundo exato em que João deixará de estar bêbado e ficará sóbrio, esse raciocínio pode ser prolongado indefinidamente. Portanto, se João está bêbado, ele ficará neste estado pelo resto de sua vida. O argumento pode ser expresso através de uma seqüência de inferências do tipo *modus ponens*:

João está bêbado no instante *t*.
Se João está bêbado no instante t, então ele está bêbado no instante $t + 1$.
Logo, João está bêbado no instante $t + 1$.

João está bêbado no instante $t + 1$.
Se João está bêbado no instante $t + 1$, então ele está bêbado no instante $t + 2$.
Logo, João está bêbado no instante $t + 2$.

...

João está bêbado no instante $t + n – 1$.
Se João está bêbado no instante $t + n –1$, então João está bêbado no instante $t + n$.
Logo, João está bêbado no instante $t + n$.

Como se pode ver, n pode ser tão grande quanto se queira, permitindo a conclusão de que João ficará bêbado pelo resto de sua vida. Esse argumento, conhecido como *paradoxo do sorites*, parece ter sido formulado pela primeira vez pelo megárico Eubúlides e também pode ser aplicado aos demais predicados anteriormente listados. Ele decorre do fato de que tais predicados apresentam um tipo especial de vaguidade: o sujeito ao qual cada um deles é atribuído pode passar por mudanças muito pequenas segundo a segundo, sem que isso afete a aplicabilidade do predicado. Conforme mencionado antes, é praticamente impossível estabelecer o instante $t + k$ em que João deixa de estar bêbado para se tornar sóbrio no instante seguinte, $t + k + 1$.

Uma das maneiras de enfrentar esse tipo de vaguidade é construir uma lógica imprecisa plurivalente em que os valores-verdade mudem de maneira contínua, acompanhando a escala de mudanças infinitesimais, admitida pelos predicados acima. Nessa lógica imprecisa, uma sentença se torna verdadeira através de graus contínuos.

Tarski e Lukasiewicz chegam a construir em 1930 uma lógica plurivalente cujos valores-verdade se distribuem através de um contínuo de mudanças infinitesimais, mas sem a preocupação de resolver os problemas relativos à vaguidade. A fim de construir uma lógica capaz de lidar com esta última, podemos utilizar os números reais entre 0 e 1 para caracterizar o *continuum* de valores-verdade que uma dada sentença pode ter. Inspirando-nos nas regras de cálculo da lógica trivalente de Lukasiewicz para estabelecer os valores-verdade duma sentença e generalizando-as, podemos obter as seguintes regras para a lógica fuzzy:

Regra para a negação: se o valor-verdade da sentença p é x, então o valor de $\sim p$ é $1 – x$. Exemplo: se p vale $0{,}2948672$, então $\sim p$ vale $1 - 0{,}2948672 = 0{,}7051328$.

Regra para a conjunção: se os valores-verdade de p e q são respectivamente x e y, então o grau de verdade de $p \,\&\, q$ é $Min(x, y)$. Exemplo: se os valores-verdade de p e q são respectivamente $0{,}4352984$ e $0{,}6795552$, então o valor de $p \,\&\, q$ é $Min(0{,}4352984, 0{,}67955520) = 0{,}4352984$.

Regra para a disjunção não-exclusiva: o grau de verdade de $p \vee q$ é $Max(x, y)$. Exemplo: se os valores-verdade de p e q são respectivamente $0{,}4352984$ e $0{,}6795552$, então o valor de $p \vee q$ é $Max(0{,}4352984, 0{,}6795552) = 0{,} 6795552$.

Regra para a condicional: a) se $x [y$, então $p => q$ vale 1; se $x > y$, então o $p => q$ vale $1 – (x – y) = 1 – x + y$. Exemplo: se os valores de p e q são respectivamente $0{,}4352984$ e $0{,}6795552$, então o valor de $p => q$ é 1; se os valores de p e q são respectivamente $0{,}8264951$ e $0{,}6795552$, então $p => q$ vale $1 - 0{,} 8264951 + 0{,}6795552 = 0{,}8530601$.

Nessa lógica, deixa de ser tautologia o *modus ponens,* segundo o qual da conjunção de p com $p => q$ pode-se deduzir q. Com efeito, calculemos o valor-verdade de $[p \,\&\, (p => q)] => q$ quando o valor de p é $0{,}8$ e o de q, $0{,}4$:

$p = 0{,}8;$

$p=> q = 1 – 0{,}8 + 0{,}4 = 0{,}6;$

$p \,\&\, (p => q) = 0{,}6;$

$[p \,\&\, (p => q)] => q = 1 – 0{,}6 + 0{,}4 = 0{,}8$ (e não 1, como seria de esperar).

Esse é o preço a ser pago para resolver o paradoxo do sorites. Com efeito, para interromper a série de argumentos baseados no *modus ponens* apresentada acima, é preciso poder estabelecer uma gradação em que a condicional

Se João está bêbado no instante *t*, então ele está bêbado no instante *t + 1*,

representando o início do sorites, seja completamente verdadeira, e a condicional

Se João está bêbado no instante *t + k*, então João está bêbado no instante *t + k + 1*,

representando o final do sorites, seja completamente falsa. Isso significa que os valores-verdade das diversas sentenças condicionais do sorites vão gradativamente decrescendo, partindo do valor *1* até chegar a *0*. Em virtude da definição da implicação material, representada pela conectiva =>, o valor-verdade do *modus ponens* envolvendo a primeira condicional é *1*. Mas o valor-verdade de cada *modus ponens* após a primeira condicional deixará gradativamente de ser *1*, à medida que cada sentença condicional deixa também de ter o valor *1*.

Segue abaixo uma lista de outras expressões importantes que não são válidas na lógica imprecisa:

p v ~p

~(p & ~p)

(p & ~p) => q

p => (q v ~q)

Além disso, grande parte das propriedades paradoxais do condicional material permanecem na lógica imprecisa. Dentre elas, destacam-se as seguintes:

p => (q => p)

~p => (p => q)

~(p => q) => p[v]

A **Lógica Paraconsistente**, desenvolvida por Newton C. A. da Costa, admite uma hierarquia de sistemas, C_0, C_1, C_2, ... C_n, ... C_ω , em que C_0 representa o cálculo bivalente clássico e os demais, a partir de C_1, sistemas paraconsistentes cada vez mais fracos. Embora C_1 e seus sucessores na série não admitam como tautologia a fórmula *~(A & ~A)* — lei de não-contradição —, valem neles o maior número possível de expressões e regras de inferência de C_0. Mesmo assim, não se pode deduzir qualquer sentença nestes sistemas, o que significa que eles não são triviais. Além disso, eles admitem sentenças “bem comportadas”, para as quais valem a não-contradição e todas as leis clássicas.

As fórmulas que seguem abaixo são válidas no sistema C_1 de Lógica Paraconsistente:

$A => (B => A)$

$(A => B) => ((A => (B => C)) => (A => C))$

$A => (B => (A \& B))$

$A => (A \& B)$

$A => (A \vee B)$

$A \vee \sim A$

$\sim\sim A => A$

Embora a lei de não-contradição não seja válida em C_1, o sistema admite o princípio do terceiro excluído ($A \vee \sim A$) e parte da lei da dupla negação ($\sim\sim A => A$).

Há uma série de fórmulas que não são válidas em C_1, embora o sejam em C_0:

$\sim A => (A => B)$

$\sim A => (A => \sim B)$

$(A \& \sim A) => B$

$A => \sim\sim A$

$(A => B) => \sim(A \& \sim B)$

$(A => B) => (\sim A \vee B)$

Se, porém, uma sentença *A* é "bem comportada", ou seja, se vale para ela $\sim(A \& \sim A)$, então também valem para ela todas as leis clássicas. Representando $\sim(A \& \sim A)$ por A^0, temos a seguinte lista de expressões válidas em C_1:

$A^0 =>(\sim A => (A => B))$

$A^0 => (\sim A => (A => \sim B))$

$A^0 => ((A \& \sim A) => B)$

$A^0 => (A => \sim\sim A)$

$A^0 => ((A => B) => \sim(A \& \sim B))$

$A^0 => ((A => B) => (\sim A \vee B))$

Todas essas expressões poderiam ser lidas assim: *se A é bem comportada, então tal lei clássica é válida para A*.

O sistema C_1 admite tabelas de valores-verdade trivalentes para as principais conectivas sentenciais:

A	B	~A	~B	A => B	A & B	A v B
1	1	3	3	1	1	1
2	1	1	3	1	1	1
3	1	1	3	1	3	1
1	2	3	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1
3	2	1	1	1	3	1
1	3	3	1	3	3	1
2	3	1	1	3	3	1
3	3	1	1	1	3	3

Nessa tabela, as conectivas não foram definidas da mesma maneira que na lógica trivalente de Lukasiewicz. É justamente esse fato que produz as peculiaridades do sistema C_1.

Os estudos com sistemas paraconsistentes revelam que, apesar de sua artificialidade, eles são tão válidos quanto os sistemas clássicos. Tais estudos também mostram que, para ter aplicações frutíferas, qualquer sistema paraconsistente precisa de sentenças "bem comportadas". Talvez a lição mais importante a ser extraída aqui seja a constatação de que a melhor maneira de compreender certos princípios lógicos, como o de não-contradição, está em construir sistemas em que eles não valem.[vi]

III – O papel da lógica contemporânea numa perspectiva transdisciplinar

Esperamos que a exposição feita nas duas seções anteriores seja suficiente para dar uma idéia dos avanços e da flexibilidade de aplicação dos diversos sistemas lógicos considerados. Neste ponto, a pergunta que se coloca é a seguinte: que espécie de contribuição poderia dar a lógica contemporânea para a abordagem transdisciplinar, seja na versão clássica de tipo fregiano, seja nas diferentes versões não-clássicas que acabamos de expor?

Antes de dar uma resposta adequada a esta questão, é preciso esclarecer o que entendemos por *transdisciplinaridade*. Isso pode ser feito contrastando-a com a *monodisciplinaridade*, a *multidisciplinaridade* e a *interdisciplinaridade*. A pesquisa monodisciplinar se restringe a uma única disciplina e um único campo de pesquisa. A multidisciplinar trabalha com uma pluralidade de disciplinas, mas sem integrar os conceitos e metodologias. A pesquisa interdisciplinar trabalha também com uma pluralidade de disciplinas, só que procura integrar os conceitos e metodologias, gerando um enriquecimento mútuo.

Quanto à transdisciplinaridade, ela pode ser entendida em pelo menos dois sentidos principais. Em primeiro lugar, ela corresponde a um tipo de interdisciplinaridade em que as fronteiras entre as disciplinas envolvidas são superadas, gerando-se uma integração de seus diversos conceitos e metodologias. Aqui, o prefixo *trans* se refere justamente à possibilidade de ultrapassar as fronteiras disciplinares, em direção a uma abordagem unificada, que seja capaz não só de articular harmoniosamente as contribuições das diversas disciplinas, mas também de iluminar retroativamente os conceitos e metodologias de cada uma delas. Nessa acepção, já existe um movimento em nível mundial, que realizou seu primeiro congresso em Portugal, em novembro de 1994, e que possui inclusive uma "declaração de princípios", conhecida como *Carta da Transdisciplinaridade*. Em segundo lugar, a transdisciplinaridade corresponde a uma atitude inovadora na solução de problemas, uma atitude que procura estabelecer formas de cooperação entre as diferentes partes da sociedade para enfrentar os complexos desafios do mundo contemporâneo. A primeira definição se aplica à atividade de pesquisa que encontra na universidade seu ambiente natural. A segunda convém mais à atitude política que se recomendaria para a solução seja dos problemas internos de um único país, seja dos problemas gerados pelas relações de grupos de países.

A nosso ver, essas duas caracterizações da transdisciplinaridade envolvem atividades que se complementam. É verdade que a base científica de ambas se encontra na pesquisa transdisciplinar que se realiza na academia. Dali, surgem as perspectivas teóricas que permitirão novas abordagens das questões complexas. Mas, enquanto atitude política que se beneficia das abordagens teóricas ao utilizá-las na solução inovadora dos problemas da sociedade, a transdisciplinaridade no segundo sentido acaba retroagindo frutiferamente sobre a atividade universitária, motivando-a para a criação de novos conceitos e metodologias. De qualquer modo, a transdisciplinaridade nada mais é do que uma tentativa articulada de enfrentar a complexidade gerada pelo grande número de novas disciplinas que a cada momento são acrescentadas ao conjunto do saber contemporâneo. Esse crescimento disciplinar desmedido exige o uso de novas ferramentas de pensamento para estabelecer pontos de contato entre as diversas áreas do conhecimento humano.

Um aspecto importante a ser destacado aqui é que, para efetuar a árdua tarefa de ultrapassar fronteiras e articular harmonicamente as diversas disciplinas, a abordagem transdisciplinar precisa de um conjunto de princípios teóricos e metodológicos que permitam um enfoque unificado. Caso contrário, estaríamos diante de mais uma forma de multidisciplinaridade sem qualquer integração ou, na melhor das hipóteses, de uma forma de interdisciplinaridade com integração apenas parcial, mitigada. De acordo com Nicolescu, os princípios que animam a transdisciplinaridade são três: a aceitação de que a realidade possui níveis, a adoção da lógica do terceiro incluído e o apelo à abordagem sistêmica.

Com respeito ao primeiro desses princípios, a própria Carta da Transdisciplinaridade, redigida em 1994 por Lima de Freitas, Edgar Morin e Basarab Nicolescu, afirma, no Artigo 2:

> "O reconhecimento de diversos níveis de realidade, regidos por lógicas diferentes, é inerente à atitude transdisciplinar. Toda tentativa de reduzir a realidade a um único nível, regido por uma única lógica, não se situa no campo da transdisciplinaridade".[vii]

Aqui, a expressão *níveis de realidade* deve ser tomada em sentido estrito, significando a existência de uma verdadeira multiplicidade no interior da própria realidade. Não se trata dos chamados *níveis de organização*, característicos da abordagem sistêmica, em que cada nível superior emerge do imediatamente inferior, mas todos seguem as mesmas leis gerais. Como defensores desta última perspectiva, Henagulph cita Arthur Koestler, Ken Wilber, Gerhard Grössing e Alwyn Scott.[viii] De acordo com Nicolescu, porém, esta abordagem não exige mais do que um único nível de realidade, já que as leis que os regem não variam. Para ele, a perspectiva quântica, por exemplo, representa um nível de realidade totalmente diverso do clássico. Na primeira, com efeito, o determinismo causal e a localidade são desrespeitadas, embora constituam leis fundamentais da física clássica. Nicolescu admite outros níveis de realidade, submetidos a leis próprias, como os estágios transpessoais.

O segundo princípio, a *lógica do terceiro incluído*, formalizada pelo romeno Stéphane Lupasco, é invocado por Nicolescu para lidar com as contradições geradas pela admissão desses diferentes níveis de realidade.[ix] Dentre as lógicas não-clássicas anteriormente mencionadas, a plurivalente, por exemplo, enfrenta a contradição alegando que a diferença entre *A* e *~A* não é absolutamente excludente, como quer a perspectiva bivalente tradicional. Isso torna a contradição uma questão de grau, permitindo a sua aplicação à perspectiva sistêmica, que admite um único nível de realidade. Já a lógica do terceiro incluído admite que entre *A* e *~A* existe um valor intermediário, que inclui os extremos. Isso permite não só manter a força da contradição, mas também estabelecer uma articulação harmoniosa com a proposta de diferentes níveis para a realidade. Com efeito, uma oposição forte entre *A* e *~A* (contradição), num determinado nível, pode ser superada pela passagem a um outro nível, em que esta oposição desaparece através de um novo estado *T* (terceiro incluído). Por exemplo, aquilo que aparece, no nível clássico, ora como onda, ora como partícula (*A e ~A*, contradição), torna-se, no nível quântico, algo que poderíamos chamar um "quanton" (*T*, terceiro incluído). O termo T, por sua vez, pode gerar um outro par de contraditórios (A_1 e ~A_1, por exemplo), que será resolvido por um terceiro incluído T_1, situado em outro nível de realidade. A natureza passa a ser vista como uma unidade aberta, possuindo níveis. Nicolescu chega mesmo a dizer que a estrutura da realidade é gödeliana, no sentido de que nunca seremos capazes de construir uma teoria completa para descrever a passagem de um nível a outro e para descrever a unidade dos níveis da realidade.[x]

O terceiro princípio da transdisciplinaridade corresponde ao paradigma dos sistemas, que surgiu no século XX e envolve a aplicação dos conceitos de *caos*, de *complexidade* e das *ciências não-lineares*.[xi] De acordo com Henagulph, esse paradigma acabou com todas as nossas esperanças de descrever e controlar a natureza em termos simples. Embora já tenha revolucionado nossa compreensão da natureza em diversos setores, como, por exemplo, o estudo de sistemas caóticos e da organização dos sistemas vivos, o paradigma ainda não foi efetivamente testado nas esferas social e política.[xii] Esse teste constitui talvez o seu maior desafio no momento presente.

Como se pode inferir da exposição que acabamos de fazer, embora haja muitos pontos de concordância entre os autores citados, ainda existe alguma controvérsia quanto à maneira mais adequada de compreender a abordagem transdisciplinar. A mais importante delas parece estar na oposição entre a ontologia pluralista de Nicolescu e a ontologia monista de Capra, por exemplo. É verdade que Nicolescu e seus seguidores reservam a denominação *transdisciplinar* apenas para o seu enfoque, cujos "três pilares" anteriormente citados apontam em direção a uma abordagem unificada das diversas disciplinas, tanto do ponto de vista teórico como do metodológico. Mas é também verdade que a interpretação monista da perspectiva sistêmica aponta igualmente em direção a uma abordagem unificada das diversas disciplinas, ultrapassando as fronteiras destas últimas através de princípios teóricos e metodológicos específicos. Sob esse ponto de vista, a perspectiva de Capra também possui um caráter nitidamente transdisciplinar.

Além disso, não é inteiramente verdadeira a afirmação de Nicolescu de que as leis gerais da interpretação monista são as mesmas para todos os níveis. Para esclarecer esta afirmativa, basta lembrar os princípios gerais de funcionamento da abordagem sistêmica. De acordo com eles, certos objetos, pertencentes a um dado nível sistêmico e de conformidade com as leis do mesmo, entram espontaneamente em determinadas relações e com isso geram um sistema auto-organizado, cuja principal função é a auto-preservação. Isso significa que o sistema possui certas propriedades emergentes, as quais não podem ser explicadas apenas pelas propriedades das partes que o constituem. A auto-organização é uma manifestação das propriedades emergentes num dado nível. Desse modo, o sistema passa a pertencer a um nível mais elevado do que o dos objetos e relações que o constituíram. Neste novo nível, o sistema gerado pode entrar em relação com outros sistemas semelhantes a ele, dando origem a um novo sistema auto-organizado, que pertencerá a um nível mais elevado ainda e assim por diante. Isso permite qualificar a crítica de Nicolescu, pois — embora as leis dos níveis sistêmicos inferiores sejam gerais, porque são sempre válidas para os níveis mais elevados — as leis específicas de um dado nível são próprias apenas àquele nível e aos superiores, não se aplicando aos inferiores. Cada nível superior possui uma complexidade que emerge do imediatamente inferior e que não é mais explicável apenas pelas leis vigentes naquele nível inferior.

De qualquer modo, esperamos ter deixado claro que o ponto de convergência entre as abordagens transdisciplinares mencionadas está no uso da metodologia ligada ao paradigma sistêmico. Isso sugere que esse último de fato constitui um dos eixos principais da atual pesquisa transdisciplinar.

O problema está então em definir a base teórica mais adequada para romper as fronteiras disciplinares: devemos adotar uma ontologia pluralista, em que níveis de realidade diferentes significam realidades diferentes, ou devemos adotar uma ontologia monista, em que níveis de realidade diferentes significam estágios sistêmicos da mesma realidade? Em nossa opinião, a alternativa a ser testada inicialmente deve ser a mais simples, que no caso envolve uma ontologia monista. Com efeito, a perspectiva pluralista proposta por Nicolescu tenderá a multiplicar desnecessariamente as entidades que constituem o real cada vez que deparar com uma dicotomia insuperável num dado nível. Em contraposição, a abordagem sistêmica monista evitará esta multiplicação de entidades, apelando a uma diversidade de níveis ou estágios da mesma realidade. Com tal procedimento, ela poderia oferecer uma explicação mais econômica da transição que ocorre nas regiões em que as "ciências da natureza" tangenciam as "ciências do espírito", embora ainda não saibamos ao certo se a explicação dos fenômenos ligados às últimas pode ser feita através de propriedades emergentes de fenômenos ligados às primeiras. Cabe observar, porém, que a mecânica quântica aponta nessa direção, pois parece conferir à matéria um dinamismo que ela nunca teve na física clássica, permitindo melhores alternativas de aproximação entre o "físico" e o "mental".[xiii] Isso coloca a explicação monista da abordagem sistêmica, como a de Capra, por exemplo, em posição de vantagem. Ela oferece a vantagem de despojar a ontologia e manter, na medida do possível, como veremos mais à frente, a lógica bivalente clássica, tornando dispensável o acréscimo da lógica do terceiro incluído.

É neste quadro que cabe perguntar pelo papel a ser desempenhado pela lógica contemporânea no avanço da abordagem transdisciplinar. Sabemos que o maior problema gerado pela tentativa de romper fronteiras entre disciplinas está em enfrentar as inevitáveis contradições que surgem quando domínios heterogêneos são sobrepostos ou simplesmente colocados lado a lado. A lógica binária, seja ela aristotélica ou fregiana, não parece ser capaz de lidar eficazmente com esta situação, pois os princípios que nela imperam, como o de não contradição e o do terceiro excluído, são muito rígidos para admitir as situações ambíguas, criadas pela atitude transdisciplinar.

Com o objetivo de resolver esse problema, Nicolescu, como vimos, adota a lógica do terceiro incluído, em que a oposição encontrada num dado nível de realidade é superada em um outro nível de realidade. Esta não é, porém, a única maneira de enfrentar a dificuldade. Para realizar esse objetivo, a lógica contemporânea oferece inúmeras alternativas não-clássicas, como a adoção de um sistema trivalente, um paraconsistente ou um impreciso (*fuzzy*). Todos eles são capazes de resolver com sucesso as inúmeras oposições geradas nos complexos domínios da realidade que a ciência contemporânea estuda. A lógica trivalente, por exemplo, parece ser mais adequada não só para o estudo de conjuntos de proposições que incluam futuros contingentes, mas também para explicar certos experimentos em mecânica quântica. Em 1944, Reichenbach argumentou que, se usarmos a lógica clássica na mecânica quântica, algumas conseqüências inaceitáveis se seguirão, sob a forma de 'anomalias causais'. Imaginemos, por exemplo, uma radiação de luz que é emitida por uma fonte, passa por um diafragma contendo um único furo e é projetada numa tela. Se a radiação é interpretada como partícula, obtemos uma descrição normal, pois a tela relampeja em um único ponto. Se, porém, a radiação é interpretada como onda, obtemos uma anomalia causal, pois a tela não deveria relampejar em um único ponto.[xiv] Adotando uma lógica de três valores, poderíamos superar esta dificuldade, pois, nela, as proposições que expressam tais anomalias nunca serão verdadeiras, mas terão um valor intermediário. Coisa semelhante aconteceria no caso dos dois outros sistemas mencionados. A lógica paraconsistente, em suas últimas versões, oferece um *algoritmo para-analisador*, que pode ser aplicado a sistemas especialistas, capazes de enfrentar situações em que ocorram incertezas, indefinições e contradições.[xv] Esse algoritmo poderia ser utilizado para enfrentar as anomalias causais citadas por Reichenbach, já que a radiação seria interpretada simultaneamente como partícula e como onda e um dos resultados finais admissíveis seria o relampejar da tela em um único ponto, indicando o comportamento de partícula. A lógica imprecisa parece possuir um desempenho semelhante ao da paraconsistente, pois também cria algoritmos capazes de enfrentar domínios da realidade em que ocorram indefinições, imprecisões e contradições. Esta lógica não só adota um número infinito de valores-verdade, mas também admite superposições entre eles. Assim, ao receber os dados de entrada, ela os torna imprecisos, atribuindo-lhes mais de um valor-verdade e superpondo tais valores. Todavia, através de cálculos especializados, que envolvem o apelo a diversos tipos de médias matemáticas, ela é capaz de retornar um resultado preciso, obtendo um dado único de saída que seja adequado aos correspondentes dados de entrada.[xvi] No caso das anomalias causais mencionadas, a lógica imprecisa admitiria inicialmente como sendo em parte verdadeiro que a radiação é partícula e em parte verdadeiro que a radiação é onda. As duas situações possíveis teriam valores-verdade específicos e, através do cálculo da média matemática desses valores, a lógica imprecisa determinaria um valor único de saída, que poderia ser o relampejar da tela em um único ponto, indicando o comportamento de partícula.

Para resolver o mesmo problema das oposições, diferentemente do que ocorre nos casos anteriores, a abordagem sistêmica monista pode utilizar a estratégia da complementaridade. De acordo com esta última, certos fenômenos são tão complexos que envolvem a atribuição de propriedades opostas à mesma entidade. Para evitar cair na contradição resultante da admissão de tal fato, esta estratégia tenta fazer uma descrição diferente para cada pólo da oposição, obtendo duas descrições complementares e mutuamente excludentes, as quais não podem ser superpostas nem mescladas. Desse modo, o fenômeno complexo que envolve oposições pode ser abordado sem contradição, pois a descrição de cada uma de suas propriedades tem validade num domínio que não possui pontos de contato com o domínio de validade da propriedade oposta. Mesmo assim, a oposição observada pode impulsionar a emergência de uma nova entidade, pertencente a um nível sistêmico imediatamente superior. Esta estratégia foi inicialmente proposta por Bohr para lidar com a dualidade onda/partícula, característica dos objetos quânticos. Através do que chamou *princípio da complementaridade*, Bohr estabeleceu que a descrição como onda e a descrição como partícula são duas versões igualmente possíveis, embora mutuamente excludentes, de como um dado objeto quântico se revela ao observador. Onda e partícula são duas formas complementares de existência, que se manifestam apenas depois que o objeto quântico entrou em contato com o observador. Antes desse contato, o objeto não é onda nem partícula, mas algum tipo de realidade potencial.[xvii]

Como se pode ver, a contradição não é eliminada ou superada na estratégia da complementaridade, mas logica e metodologicamente "administrada" através da proibição de mesclar os domínios das descrições opostas. A vantagem desse procedimento está em que a lógica bivalente clássica pode ser preservada em cada uma das descrições, ficando a contradição como algo linguisticamente inexprimível, já que se localiza no "ponto cego" que contempla a complementaridade das descrições opostas. Desse modo, a contradição pode constituir o motor que produz a emergência de novos níveis sistêmicos, sem as indesejáveis seqüelas que usualmente resultam de sua admissão numa explicação racional. Não precisamos aqui do exagerado pluralismo ontológico postulado pela lógica do terceiro incluído. Nessa perspectiva, a abordagem sistêmica em sua versão monista segue o espírito da conhecida *navalha de Ockham* e revela-se mais simples e econômica do que a versão pluralista, pois conserva a lógica binária clássica como fundamental e precisa de apenas dois pilares para sustentar-se: a complexidade e a complementaridade. Quanto aos demais sistemas lógicos não-clássicos mencionados, eles não são de modo algum rejeitados. Seu uso é apenas postergado. Eles ainda podem ser utilizados em níveis sistêmicos nos quais se façam necessários, embora não constituam a lógica fundamental da abordagem unitária proposta. Todos estes aspectos favoráveis sugerem que a abordagem sistêmica monista, associada à metodologia da complementaridade, é a mais adequada para o empreendimento transdisciplinar.

Antes de terminar, cabe salientar um outro aspecto importante do papel da lógica na abordagem transdisciplinar. Como sabemos, a necessidade de romper as fronteiras de disciplinas díspares exige uma criatividade muito grande e a lógica contemporânea, através da diversidade de sistemas e técnicas empregadas, pode oferecer um conjunto muito amplo de processos heurísticos para efetuar esta tarefa. Com efeito, ela poderia permitir a aproximação de domínios aparentemente heterogêneos, através do descobrimento de algum tipo de isomorfismo entre os sistemas lógicos aplicáveis a cada um deles. A título de ilustração, podemos citar o caso da mecânica quântica, que, podendo ser abordada pelo viés de uma lógica trivalente, revela inesperadas analogias com a lógica modal e com a topologia, ambas igualmente abordáveis pelo viés trivalente. Esse fato permitiria a ultrapassagem das fronteiras entre essas disciplinas, em direção a uma abordagem unificada.

Como se pode ver, as possibilidades de aplicação de lógicas alternativas para superar o problema da contradição e articular transdisciplinarmente domínios à primeira vista heterogêneos são inúmeras. Pelo fato de estarmos nos inícios dos estudos ligados à transdisciplinaridade, não nos encontramos ainda em posição de estabelecer com certeza quais as melhores alternativas. Parece que estamos no caminho certo, mas ainda não sabemos onde vamos chegar e de que modo o faremos.

IV – Observações finais

Acreditamos que as considerações acima permitem formular algumas conclusões, ainda que de caráter meramente programático, a respeito do papel da lógica contemporânea na abordagem transdisciplinar.

Em primeiro lugar, os trabalhos de Frege e outros autores levam ao desenvolvimento da lógica em forma simbólica, desenvolvimento esse que supera as deficiências da abordagem aristotélica no tratamento de uma série de problemas importantes.

Em segundo lugar, as lógicas não-clássicas, que surgem como alternativas à proposta fregiana, oferecem uma série de opções para o tratamento de questões complexas, envolvendo dificuldades aparentemente insuperáveis pela lógica bivalente tradicional.

Em terceiro lugar, a abordagem transdisciplinar, no sentido estrito, exige a capacidade de ultrapassar as fronteiras entre as disciplinas tradicionais, enfrentando as dificuldades geradas por esta transgressão, dentre as quais se destaca a necessidade de lidar com teses contraditórias. Para fazer isso, Nicolescu, que defende a pluralidade ontológica, adota a lógica do terceiro incluído. A interpretação monista da abordagem sistêmica pode adotar a lógica da complementaridade. Esta controvérsia ainda não foi resolvida, embora ambas abordagens adotem os princípios teóricos e metodológicos do paradigma dos sistemas. Todavia, parece-nos que a abordagem sistêmica constitui uma alternativa mais atraente. Com efeito, ela envolve uma ontologia mais simples, baseia-se na lógica clássica bivalente e depende unicamente de dois pilares — complexidade e complementaridade.

Todavia, do ponto de vista da contribuição da lógica contemporânea à transdisciplinaridade em geral, outras opções igualmente atraentes estão disponíveis, como a adoção de sistemas trivalentes, paraconsistentes ou imprecisos. A existência de tantos sistemas lógicos alternativos permite não só uma flexibilidade maior na abordagem dos diversos domínios da realidade, mas também a aproximação de alguns deles através da identificação de possíveis isomorfismos estruturais nas lógicas utilizadas para estudá-los.

Em síntese, embora até o momento não saibamos dizer com precisão qual seria a estratégia mais adequada para enfrentar os problemas da transdisciplinaridade, podemos manter a convicção de que a lógica contemporânea desempenhará, de um modo ou de outro, um papel extremamente significativo nessa empreitada.

Referências Bibliográficas

Blanché, R. *Introduction à la Logique Contemporaine*. 2 ed. Paris: Lib. Armand Colin, 1957. 208 p.

Capra, F. *The Web of Life. A New Synthesis of Mind and Matter*. London: Flamingo, an Imprint of Harper Collins Publishers, 1997. 320 p.

da Costa, N. C. A. *Lógica Paraconsistente Aplicada*. S. Paulo: Ed. Atlas S.A., 1999. 214 p.

da Costa, N. C. A. *Sistemas Formais Inconsistentes.* Curitiba: Ed. da UFPR, 1993. 66 p.

Gleiser, M. *A Dança do Universo. Dos Mitos de Criação ao Big-Bang*. 2 ed. S. Paulo: Cia. das Letras, 1997. 434 p.

Haack, S. *Deviant Logic, Fuzzy Logic. Beyond the Formalism.* Chicago: Un. of Chicago Press, 1996. 292 p.

Henagulph, S. *The Three Pillars of Transdisciplinarity*. Disponível em <http://www.goodshare.org/pillars.htm>. Acesso em 12 Jan. 2003.

Hughes, G. E. & Cresswell, M. J. *A New Introduction to Modal Logic.* London and N. York: Routledge, 1996. 422 p.

Kaehler, S. D. *Fuzzy Logic. An Introduction.* Kaehler, S. *Fuzzy Logic. An Introduction.* Disponível em <http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/flindex.html>. Acesso em 12 Jan. 2003.

Lima de Freitas, Edgar Morin & Basarab Nicolescu. *Charte de la Transdisciplinarité*. Disponível em <http://perso.club-internet.fr/nicol/ciret>. Acesso em 12 Jan. 2003.

Mortari, C. A. *Introdução à Lógica.* São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado, 2001.

Nicolescu, B. *Gödelian Aspects of Nature and Knowledge*. Disponível em <http://www.perso.club-internet.fr/nicol/ciret>. Acesso em 12 Jan. 2003.

Penrose, R. *Shadows of the Mind. A Search for the Missing Science of Consciousness.* Reading, Berkshire: Vintage, 1995. 446 p.

Penrose, R. *A mente nova do rei: computadores, mentes e as leis da física.* Rio: Campus, 1993. 420 p.

Pinto, P. R. M. *Introdução à Lógica Simbólica*. B. Horizonte: Editora UFMG, 2001. 340 p.

Priest, G. *Non-Classical Logic.* Cambridge: Cambridge Un. Press, 2001. 242 p.

Silva, W. C. S. Paraconsistent Relativism. *Revista de Filosofia*, 1, 1989: 109-35.

---

[i] Para maiores detalhes sobre a lógica clássica de tipo fregiano, ainda em nível introdutório, ver PINTO, P. R. M. *Introdução à Lógica Simbólica*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001. 340 p. Para um nível mais aprofundado, ver MORTARI, C. A. *Introdução à Lógica.* S. Paulo: Editora UNESP: Imprensa Oficial do Estado, 2001.

[ii] Para maiores detalhes sobre a lógica modal, ver HUGHES, G. E. & CRESSWELL, M. J. *A New Introduction to Modal Logic.* London and N. York: Routledge, 1996. 422 p.

[iii] Aqui, temos apenas três combinações possíveis de valores-verdade porque estamos considerando uma única proposição, *p*, e sua negação, ~*p*.

[iv] Para maiores detalhes a respeito da lógica trivalente de Lukasiewicz, ver BLANCHÉ, R. *Introduction à la Logique Contemporaine*. 2 ed. Paris: Lib. Armand Colin, 1957, p. 102-7. Para uma discussão da viabilidade desta lógica, ver HAACK, S. *Deviant Logic, Fuzzy Logic. Beyond the Formalism.* Chicago: Un. of Chicago Press, 1996, p. 73-90.

[v] Para maiores detalhes sobre a lógica imprecisa, ver PRIEST, G. *An Introduction to Non-Classical Logic*. Cambridge: Cambridge Un. Press, 2001, p. 211-28. Ver também KAEHLER, S. *Fuzzy Logic. An Introduction.* Disponível em <http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/flindex.html>. Acesso em 12 Jan. 2003. Para uma discussão da viabilidade desta lógica, ver HAACK, S. *Deviant Logic, Fuzzy Logic. Beyond the Formalism.* Chicago: Un. of Chicago Press, 1996, p. 229-58.

[vi] Para maiores detalhes sobre a lógica paraconsistente, ver da COSTA, N. C. A. *Sistemas Formais Inconsistentes*. Curitiba: Ed. da UFPR, 1993. 66 p. Para desenvolvimentos mais recentes, ver da COSTA, N. C. A. *Lógica Paraconsistente Aplicada*. S. Paulo: Ed. Atlas S.A., 1999. 214 p. Por razões de espaço, não comentaremos outras lógicas mencionadas nessa seção, como a intuicionista, a relevante e a erotética.

[vii] FREITAS, L; MORIN, E. & NICOLESCU, B. Charte de la Transdisciplinarité. Disponível em <http://perso.club-internet.fr/nicol/ciret>. Acesso em 12 Jan. 2003.

[viii] HENAGULPH, S. The Three Pillars of Transdisciplinarity. Disponível em <http://www. goodshare.org/pillars.htm>. Acesso em 12 Jan. 2003. À lista desses autores, poderíamos acrescentar Fritjof Capra. A inclusão de Wilber neste grupo, porém, não nos parece muito justa, pois esse autor, quando trata do espírito, parece admitir também a existência de níveis diferentes de realidade.

[ix] Ver NICOLESCU, B. Gödelian Aspects of Nature and Knowledge. Disponível em <http://www.perso.club-internet.fr/nicol/ciret>. Acesso em 12 Jan. 2003. Ver também HENAGULPH, S. The Three Pillars of Transdisciplinarity. Disponível em <http://www.goodshare.org/pillars.htm>. Acesso em 12 Jan. 2003.

[x] NICOLESCU, B. Gödelian Aspects of Nature and Knowledge. Disponível em <http://www.perso.club-internet.fr/nicol/ciret>. Acesso em 12 Jan. 2003.

[xi] Tendo em vista a enorme complexidade da do paradigma dos sistemas e o pouco espaço de que dispomos, remetemos o leitor interessado em mais detalhes ao livro CAPRA, F. *The Web of Life. A New Synthesis of Mind and Matter*. London: Flamingo, an Imprint of Harper Collins Publishers, 1997. 320 p.

[xii] HENAGULPH, S. The Three Pillars of Transdisciplinarity. Disponível em <http://www.goodshare.org/pillars.htm>. Acesso em 12 Jan. 2003.

Código de campo alterado

[xiii] Ver, a esse respeito, PENROSE, R. *Shadows of the Mind. A Search for the Missing Science of Consciousness.* Reading, Berkshire: Vintage, 1995. 446 p. Ver também PENROSE, R. *A mente nova do rei: computadores, mentes e as leis da física.* Rio: Campus, 1993. 420 p.

[xiv] REICHENBACH, H. *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics.* Berkeley and Los Angeles: Un. of California Press, 1944, p. 24-32, 41, 144, 160-6. *Apud* HAACK, S. *Deviant Logic. Beyond the Formalism.* Chicago and London: The Un. of Chicago Press, 1996, p. 149 ss.

[xv] Ver da COSTA, N. A. C. *Lógica Paraconsistente Aplicada.* S. Paulo: Atlas, 1999, p. 121 ss.

[xvi] Ver KAEHLER, S. D. *Fuzzy Logic. An Introduction.* Disponível em <http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/flindex.html>. Acesso em 12 Jan. 2003. A Lógica Paraconsistente Aplicada de Newton da Costa também pode utilizar infinitos valores-verdade, oferecendo um desempenho semelhante ao da lógica imprecisa. Ver da COSTA, N. A. C. *Lógica Paraconsistente Aplicada.* S. Paulo: Atlas, 1999, Cap. 3, p. 33-86.

[xvii] GLEISER, M. *A Dança do Universo. Dos Mitos de Criação ao Big-Bang*. 2 ed. S. Paulo: Cia. das Letras, 1997, p. 306.