

## A Termodinâmica do Tempo

Rodrigo de Abreu

Aqui. Agora. Uma pausa. Um ponto. Um símbolo. Uma vírgula. O Tempo está na escrita. Há uma seta na escrita. Há uma seta no Tempo. Uma seta é assimétrica. Como a escrita. Como o Tempo. Seta, -->. Movimento. Na sucessão de símbolos, no movimento da escrita, no Espaço, no Tempo, no Espaço-Tempo. Na memória. O Tempo psicológico da Memória, que se altera. O Tempo da juventude, da não Memória. O Tempo de não ter Tempo, do envelhecer, biológico. Há múltiplas ideias associadas a este devir. Mas comum, a ideia de mudança. Não se escreve sem mudança. Sem símbolos. Mesmo que só sejam dois." Traço, ponto, " - .", ponto, traço.... Máquina do Tempo.

Termodinâmica do Tempo?

*"Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma".*

Este um possível paradigma: tudo se transforma, sem perda, sem criação. Esta a ideia de energia. Sem perda, sem criação. Reversibilidade.

Mas a ideia de Termodinâmica é a de perda, sem perda.

É a de criação, sem criação.

É a ideia de Tempo. Ideia de Entropia, em transformação. Irreversibilidade.

Carnot, Sadi, compreendeu que as máquinas funcionam inevitavelmente com o Tempo. Não podem voltar para trás.

Considere-se uma máquina, hidráulica: a água cai de uma determinada altura produzindo, eventualmente, movimento, numa turbina que gera electricidade ou numa roda de pedra, numa mó, que origina farinha. A água não pode "voltar para trás", regressando á altura inicial, a electricidade não pode "voltar para trás", a farinha não pode "voltar para trás", a grão. Nesta assimetria por vezes escamoteada, dado que em muitas situações, aparentemente, "volta-se para trás", está a ideia essencial da Termodinâmica. A ideia de Entropia (Abreu Faro e Abreu, 1991).  $\Delta S > 0$ . A seta do Tempo está nesta desigualdade.  $> 0$ . Não poder variar negativamente.

Só haveria uma maneira de parar o Tempo. Não haver transformação. Mas tal implicaria a morte cosmológica. Tudo se move, tudo muda em torno da fria, estática, imutável rocha. O Todo muda. Não é suficiente o repouso local para a paragem do Tempo. É impossível parar o Tempo. Envelhecemos com o Universo. Somos relógios biológicos do Universo. Relógios dentro de relógios. Engrenagens do Universo. A Mãe Gaia (Lovellock, 1987) é relógio dentro do relógio do Sol. É mudança dentro de mudança. É a mudança solar que nos dá a percepção biológica do Tempo. Envelhecemos com as Estrelas. Temos uma memória que se organiza e dá a noção de Tempo.

É *Maxwell*, que estabeleceu as "equações" do campo electromagnético, que também nos legou a ideia de *Demónio*, de memória, da memória Termodinâmica, do Tempo da Termodinâmica. O Homem não pode fazer um demónio ("demon", not necessarily evil). Ideia de Deus. Deus ex-machina. Que pode fazer o que o Homem não pode. Fora do Espaço-Tempo, capaz de interferir sem ficar alterado (*Daub*, 1970). *Maxwell*, com base na ideia antiga de átomo e nas ideias de probabilidade e de estatística, obteve uma *função de distribuição* das velocidades das partículas de um gás. O demónio actuaria na distribuição das velocidades das partículas ao separar as lentas das rápidas, através da abertura, oportuna, de uma porta existente na divisória do espaço onde se moviam as partículas. Separadas as rápidas para um dos volumes, das lentas, para o outro, a temperatura dos dois volumes passava a ser diferente, permitindo, como é bem sabido retirar energia do gás. Se o Demónio não ficasse alterado existiria um processo de retirar energia do ambiente. Existiria um *perpetuum mobile*. De facto se tal fosse possível através de dispositivos que regressassem ao estado inicial (o demónio teria também que ficar inalterado), ter-se-ia como único efeito a diminuição da energia do ambiente, que era armazenada, por exemplo numa dada quantidade de água que adquiria energia potencial ao ser elevada em altura, podendo, ao regressar á altura inicial, ser útil. Poder-se-ia produzir luz eléctrica. O processo repetir-se-ia indefinidamente, perpétuamente, e

neste caso a energia do ambiente voltava ao valor inicial, já que a luz, era introduzida no ambiente. Resolvia-se o problema da energia, QUALQUER QUE FOSSE O DEMÓNIO, que poderia ser um *robot* construído pelo Homem. Resolvia-se o problema da poluição. Mas como os autómatos não contrariam as leis da energia e da entropia, não podem regressar ao estado inicial tendo apenas retirado energia do ambiente, que podia ser armazenada ou imediatamente utilizada (*Szilard, 1929; Brillouin, 1951; Gabor, 1964*).

Mas qual é a essência da ideia de entropia? É ideia simples, "do dia a dia", a facilidade de "destruir" (a "destruição" pode ser feita sem critério) em confronto com a ideia oposta. É a generalização da ideia simples da dificuldade de enfiar uma linha numa agulha em oposição com a operação inversa, a facilidade de retirar a linha da agulha. Trata-se da facilidade de ocupar espaços amplos ou da dificuldade de ocupar espaços exíguos. Tomemos como exemplo a situação simples e bem conhecida de um gás que se expande de um volume  $V/2$  para um volume  $V$  após a abertura de uma válvula. Este processo é facilmente compreendido, dado as partículas do gás por se moverem em todas as direcções tenderem a ocupar todo o espaço que se lhes depara. É evidente que o processo inverso não se produz dado corresponder a que o gás, por si só, ocupasse um volume menor. Mas consideremos, para melhor esclarecimento e para que se compreenda a necessidade de generalizar a noção de espaço, o processo

de compressão de um gás que , pelo aumento da pressão exterior, diminui de volume. Neste caso é possível demonstrar-se que também aqui há aumento de "espaço", mas a este espaço os físicos chamam *espaço de fase*, junção do espaço ordinário com o espaço associado às velocidades das partículas (à quantidade de movimento). Por ser assim é que só se pode comprimir o gás aumentando-lhe a energia, originando um "volume" maior do que no início, dado que o aumento de "espaço" associado às velocidades das partículas é maior do que a diminuição de espaço ordinário. De facto o aumento da energia das  $n$  partículas do gás que é a soma das energias cinéticas das partículas individuais, é devida à compressão, que introduz energia através das colisões do êmbolo compressor com as partículas, originando desta forma um aumento de energia total do gás; deste modo o "espaço" associado às velocidades aumenta dado a energia total aumentar. Há deste modo mais "posições" possíveis de ocupação de cada uma das partículas no espaço associado às velocidades. Desta forma não é possível retirar energia de uma substância em que o volume e a composição química permanecem, dado que no espaço de fase, tal corresponderia a uma diminuição de volume (Abreu, 1990). Por ser assim é que não é possível retirar energia do Ambiente sem "poluição", isto é, o Ambiente não pode ficar com a mesma composição, ficando apenas com menos energia térmica momentaneamente (os motores a gasolina existem, e a gasolina é retirada do ambiente, mas como é bem sabido os motores alteram a composição do ambiente,

porque a combustão introduz múltiplas substâncias na atmosfera, não regressando a gasolina ao petróleo original, nem tão pouco, ao volume original no depósito. Tendo-se em conta esta ideia de espaço generalizado, tendo-se em conta o "espaço" associado ao autómato regulador, o espaço-memória, em BIT, o *reset* da memória e conseqüente introdução de energia no meio ambiente (*Landauer, 1961; Bennett, 1973, 1982, 1988; Zurek, 1984*), a dificuldade de construir o autómato (a que correspondem alterações físicas em sub-sistemas), que pode por exemplo necessitar de um processo evolutivo de milhões de anos, como é o caso dos Robots construídos pelo Homem, que pressupõe o Homem, compreende-se a impossibilidade de existência de um *perpetuum mobile*. Uma transformação só se dá se o "**ESPAÇO**" final da transformação associado ao **Sistema** (*Abreu, 1987; Tadeu de Almeida, 1991*) for maior do que o "**ESPAÇO**" inicial. Boltzmann teve a intuição genial de compreender esta associação (*Lowe, 1988*) sendo ainda hoje incompreendido (*Lebowitz, 1993*).

A questão fundamental emerge:

Como é possível o Cosmos?

Como emerge a Vida?

O Princípio antrópico opõe-se ao princípio entrópico?

Boltzmann e Darwin são incompatíveis?

Ou a História da Vida é a História do Tempo:

Como escreveu Marcello Barbieri (*M. Barbieri, 1985*),

"a vida é a linguagem que a natureza aprendeu a falar á superfície do nosso planeta"...."Poderíamos descobrir que a natureza está a tentar comunicar-nos qualquer coisa de análogo ao que T. S. Eliot disse nos seus versos:

*O fim da nossa viagem*

*É chegar ao ponto de partida*

*E, pela primeira vez, conhecer esse lugar."*

*"Navegar é preciso..."*.

#### APÊNDICE

De facto é possível elevar a altura da água à custa de energia eléctrica, mas tal é possível porque este processo existe com o Tempo, isto é a "andar para a frente". Enquanto o processo de passagem da farinha a grão não existe com o Tempo a "andar para a frente". Mas em ambos os processos, de descida da água com produção de energia eléctrica, e no correspondente de subida da água a partir da energia eléctrica, há energia térmica que é introduzida no ambiente. Logo os dois processos não são simétricos. A ideia torna-se difícil de compreender, porque não é evidente, numa primeira análise, a parte do processo que corresponde à energia térmica introduzida no ambiente (Abreu, 1991), ambiente que por ser "infinitamente grande" fica por unidade de volume "muito pouco" alterado. A existência destes processos,

aparentemente simétricos, faz com que a noção de irreversibilidade, a ideia de entropia, não seja ainda do conhecimento geral, enquanto a ideia de energia é cada vez mais do conhecimento comum.

#### REFERÊNCIAS

Abreu Faro, M. e Abreu, R. *Sobre um princípio de energia-entropia*, Acad. de Ciências de Lisboa, XXXI (1991).

Abreu, R. *The concept of system and the physical significance of quantities work and heat*, Técnica 1, 50 (1987).

Abreu, R. *Mechanics and Thermodynamics: A semantic problem of classification*, Técnica 3, 39 (1991).

Abreu, R. *A New perspective in Thermodynamics: The energy-entropy principle*, Técnica 2, 33 (1991).

Barbieri, M. *A Teoria Semântica da Evolução*, p. 169 (Ed. Fragmentos, Lisboa) (1985).

Bennett, C. H. *Logical reversibility of computation*, IBM J. Res. Dev. 17, 525 (1973).

Bennett, C. H. *The Thermodynamics of computation - a review*, Int. J. Theor. Phys. 21, 905 (1982).

Bennett, C. H. *Logical reversibility of computation*, IBM J. Res. Dev. 17, 525 (1973).

Bennet, C. H. *Demons, engines and the second law*, Sci. Am. 257,108 (1987).

Bennett, C. H. *Notes on the history of reversible computation*, IBM J. Res. Dev. 32, 16 (1988).

Brillouin, L. *Life, Thermodynamics, and cybernetics*, Am. Sci. 37, 554 (1949).

Daub, E. E. *Maxwell's Demon*, Stud. Hist. Phil. Sci 1,213 (1970).

Landauer, R. *Irreversibility and heat generation in the computing process*, IBM J. Res. Dev. 5, 183 (1961).

Landauer, R. *Computation: A fundamental physical view*, Phys. Scr. 35, 88 (1987).

Lebowitz, J. L. *Boltzmann's entropy and time's arrows*, Phys. Today, Sept., 32 (1993).

Lowe, J. P. *Entropy: Conceptual disorder*, Am. J. Phys. 65(5), 403 (1988).

Lovelock, J.E. *Gaia, Um novo olhar sobre a vida na terra*, edições 70 (1987).

Tadeu de Almeida, L. *Entender o presente para ganhar o futuro*, Técnica 3, 5 (1991).

Szilard, L. *On the decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings*, Zeitschrift für Physik, 53, 840 (1929).