

Dear colleagues and friends Caro(a)s colegas e amigo(a)s

O capítulo de livro que lhe está sendo remetido está em forma pré-impressão. Por isso, distribuo-o restritamente. A publicação será da versão em inglês, prevista para o meio deste ano de 2023, onde teremos a paginação do livro e a referência definitiva. Fico satisfeito com a vitória de ter me metido na área de ecologia. É intromissão mesmo, desde que não tive educação formal nem leitura específica das técnicas na área. Ficarei muito grato caso vocês apontem imprecisões ou sugiram melhorias, mesmo que só em digitação etc. Este trabalho é fruto direto da pandemia do COVID-19. Foi iniciado em meados do primeiro semestre de 2020, por ocasião de discussões focadas, inicialmente, nas divergências dentro da própria comunidade de médicos a respeito dos usos de cloroquina e ivermectina, e que despertaram muitos outros ramos de estudo. O tema elaborado aqui é sobre *O QUE É O AMBIENTE*, na biologia e na medicina. Várias apresentações on-line foram geradas sobre o tema, que contribuíram para o amadurecimento deste texto, algumas disponíveis em YouTube e ResearchGate. Bom lembrar que o termo Meio Ambiente vem das pesquisas médicas de Claude Bernard: meio interno, homeostático, e meio externo. Espero que a leitura lhes seja interessante e útil. Daqui em diante, o objetivo continua sendo, pelo menos, estudar mais ainda. Obrigado. Romeu. 27abr2023

The book chapter that I offer for your consideration is still in the preprint stage. I distribute it just personally. The publication will be of the English version, expected by the middle of this year, where we'll have the pagination and the final reference format. I am pleased to have entered the ecology area. It's a real intromission since I was not invited by them, I do not have formal education in the area or specific reading of their technicalities. I'll be thankful for your contributions on imprecisions or indication of improvements, even if they are only on the digitation. This work is a direct fruit of the COVID-19 pandemic. It started by the middle of the first semester of 2020, on the occasion of discussions that were focused, initially, on divergences inside the medical community itself, with respect to chloroquine and ivermectin, which were followed by studies in related areas. The present theme WHAT IS THE ENVIRONMENT in biology and medicine matured along a series of on-line presentations, some of which available from YouTube and ResearchGate. Worth to remind of the origin of the terms milieu intérieur, homeostatic, and extérieur from Claude Bernard's biomedical research. I hope the reading will be interesting and useful. From now on, the objective continues, more studying. Thanks. Romeu. 06Mar2023.

[New site. <https://www.youtube.com/@bioeticadagovernanca/videos> 30mar2023]

Metabolic Imperative: Deep Gaps in Western Culture Concerning Our Dependence on the Environment. Romeu Cardoso Guimarães Chapter 14, pg 150-165 *preprint* version 26April2023 In: [Principles for Governance: Strategies for Reducing Inequality and Promoting Human Development](#), Org. Alfredo Pereira Jr and Francisco Sousa, Springer Nature, New York, United Nations' Sustainable Development Objectives Series. RCG is in: Laboratory of Biodiversity and Molecular Evolution (LBEM), Department of Genetics, Ecology and Evolution, Institute of Biological Sciences, Federal University of Minas Gerais (UFMG), 31270.901 Belo Horizonte MG Brazil romeu.cardoso.guimaraes@gmail.com, romeucg@ufmg.br +55-31-9.8897.6439

[From the Editor APJ 22Feb: Abraços e parabéns pela profundidade do capítulo, é uma reflexão bastante pertinente para o livro, a partir da biologia e medicina. Abraços]

Metabolic Imperative: Deep Gaps in Western Culture Concerning Our Dependence on the Environment
Romeu Cardoso Guimarães

Practice proceeds stepwise, theory comprehends the whole journey
 Referred to Bertold Brecht (Concílio and Koudela, 2019; free translation)

Abstract Ecological aspects are fundamental to understand various facets of the contemporary global crisis. Climate changes caused widespread productivity modifications and losses, which destabilized nearly all aspects of ecosystems and social systems. We were surprised to witness the absence of the concept of the environment as a bona fide entity for more than 2 millennia, from the Ancient Greece 6th century before zero (-6th) to the 19th century. The gap spans the interval between Thales' Four Essences (earth, water, air, fire) and the maturation of the evolutionary ideas, when the correlations between characters of environments and of living beings could be rationalized. It took more than another century for humans to feel impacted by the consequences of the cognitive deficiency. Our essential dependence on the contexts also became clear. It is a learning process for philosophers and scientists that our predecessors were blind and insensitive to the Metabolic Imperative and its corollaries: all living beings are essentially degraders of their environments.

Key-words Life, Living beings, Metabolic Imperative, Environment, Proteins, Networks, Memories, Plasticity, Evolution, Relational Crises, Hubris.

Introduction

How could the environment be neglected in theories of economic and human development, if it is an essential initial and boundary condition for the productive system working properly, and for the quality of life of the human population? Similar cognitive abysses are identified in many areas of science. The present ecological crisis may have roots in such ignorance in relation to the environment, possibly reflecting human arrogance in face of natural sustainment. Present cultural scenarios are plentiful with spiritualistic and conspiratorial explanations. They attribute a tyrannical attitude to science that would intend to be normative in all realms. Do we run this risk? How to react and justify? The composition of the interactive amalgam of reason, intuition and sensibility can be approached aiming at changes that are necessary to overcome the crisis, but it is still hard to envisage the limits that will be reached by the hyper-technological and hyper-informational proposals, if the dependence seems to be absolute on the airs, waters, soils and energies.

Why is it that there is resistance to norms offered by reason, e.g., science, while yielding to the norms offered by religious beliefs? What are the hindrances to material and practical knowledge? Science should be proactive and attentive to embrace the wide scope of applications of its developments, including the techniques and tools that may be useful in some but harmful in other aspects of society. Consequences of metabolic activities, if let run free in the limited space, are exhaustion of resources and saturation of the sink of waste. The essential metabolic contradiction shows up flourished: organisms degrade the environments on which they depend. The challenge is solved by organisms that are capable of adaptive changes (at least, replenishment – *anaplerosis* – of nutrients, and care for accumulated waste) and evolution. At evolution (Brentari, 2015; Darwin, 1859), some previous identities may be lost, others modified, which is the non-conservative character of the process: in case of survival, the rule is impermanence and generalized diversity. In this context, information and its processing into organization of systems increase. Our species is relatively new and still learning how to develop sustainability in ecosystems and social systems. This is our quest: modulate and moderate growth with focus in systemic qualities, since quantities have reached saturation (Figure 1).

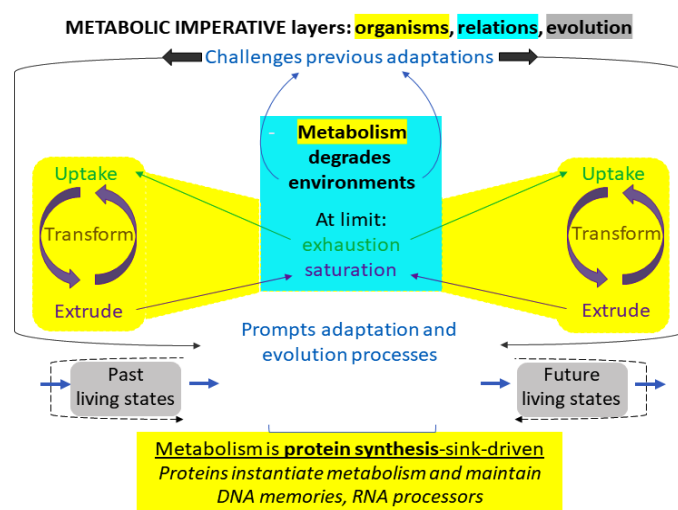


Figure 1. The Metabolic Imperative is structured in three layers. (1) Living systems' metabolic activities degrade their environments via (a) depletion of matter (masses and energies) that is taken up. After (b) internal processing, the transformations produce (c) waste matter that is extruded into the environments. (2) The previous adapted state is challenged to (3) (re)adapt to the new contexts, at both ontogenetic and phylogenetic levels. The cycle is repeated indefinitely, through the reproductive lineages, the ecosystems and the biodiversity.

Crisis

The contemporary crisis is global but I am cautious in referring to the western culture only. This window may seem narrow, but its consequences are wide and strong. Western contributions have spread and affected all areas of the globe, mostly in consequence of science and technology. The crisis seems to be fundamentally ecologic, that is, related to the interactions of living beings with environments. These interactions are characterized as metabolic, in the broad sense. The essence of metabolism is contradictory: living beings modify, transform and degrade the environment, which is, at the same time, their support. They take nutrients up from environments and extrude derivatives that may be vastly different and new to the exterior. In consequence, adaptations and evolution are mandatory to the life process.

Humans are not different, but only now they take notice of it, in view of the consequences of excesses. These derive from population sizes and from the amplified scale of technological-industrial devastation, associated with the accumulation of waste. The regenerative capacity of natural processes is much lower than the industrial harvesting. Most notorious among the waste materials are the greenhouse effects of gases and vapor that are gravitationally retained in between the tropo-stratospheric layers that surround the planet. The alarm sounds heavily in the form of global warming and climate changes that accelerate the previous damages in a domino/cascade fashion. In consequence, widespread loss of productivity ensues, which trigger political and cultural consequences, including war. The model applied to the present crisis enchains zoonoses, economic recession, climate change, war, biodiversity collapse and much else.

Most evident is the cognitive aspect. I used to enjoy the notion that scientific curiosity would encompass the widest range possible, but now I perceive its shortsightedness and other limitations. How could it be that the environment was neglected and spoiled for so long? I recall that Thales of Miletus (Ancient Greece, -6th to -7th centuries) said of the basic stuff of the universe being composed of earth-water-air-fire. Although not sophisticated as the Modern periodic table to describe chemical elements, the pre-Socratic preoccupation with the *arché* (the elements all things are made of) reveals a degree of environmental consciousness that was absent until recently.

The thesis of the great blackout with respect to the environment, inside the range of interests of western culture will, very auspiciously, be challenged along the history of punctuations traversing the vast interval between the periods of Classical Greece and the 19th century Europe. Attention may be given to two rebirths of the thinking on 'the human place in the universe'. One in the realms of rationality and humanism, which is Lucretius (Pompeii -99 – Rome -55), the other in the Christian spiritualist tradition, Francis of Assisi (1181 – 1226). It is amazing to witness the vastness of historical time between the clarifying episodes. One part of the rarefied cultural periods may be justified by the lack of writing, drawing and printing of documents, meaning that oral traditions may not propitiate much fruitful conceptual buildup.

The vagaries and slowness in the progress of reason are, e. g., consequent to difficulties in the definition of causes of events. These are frequently unrepeatable, because of dependency on historical contexts. Forces are sometimes highly abstract, difficult to exemplify with empirical and handy demonstrations. In spite of all that, it is required that no gaps are left behind, we are continuously attempting to reach explicit causes. Discussions inside science may sometimes reach the absurdities and stalemates or filigrees of oppositions, when the solution may be so easy as to place one of the opponents as a special case of the other. We may hear now of physicists placing Newton's inside Einstein's. I wonder if it is possible to consider the Flat Earth real, when looking at the shape of recent morphologies where the North-South diameter is smaller than the East-West. The difference becomes just quantitative, in this sense. The roundness vs flatness may also be measured by the proportional invariance of the intensity of gravitational acceleration all around the various points of measurements. Or by showing that abrupt borders are never found, all roads are smooth around the ellipse. The discussion gets clarified, meaning that what is in question is not in the geophysical order but in entirely different realms that are not comparable – not commensurable.

Lucretius' writings – the long poem *De Rerum Natura*, On the Nature of Things – conveys the explanations of Epicurean physics (-341 – -270) to people of Roman times to the Middle Ages. Written fragments were discovered in the 9th century, in full only in 1417, therewith making part of proto-Renaissance. Very interestingly, both highlight the addition of indeterminacy to Democritus' (-460 – -370) atomism, which means their liberation from rigidity and acquisition of possibly 'free will' – imagined as an atomic 'dance' or swerve, also a God-like character. Atomic interactions result from their intrinsic properties, elaborated by Fortuna, which would embody the concepts of chance and probability. Such thinking has been classified as

proto-atheist and might also mark the realm of proto-Self-Organization, inside natural philosophy. Deities would reside in their own peaceful – paradisiac – realm, not interfering with the earthly battles. It is reported that the school building of Epicurus – called The Garden – stayed right across the road from Plato’s Academy, in Athens.

Francis of Assisi is the highly successful *poverello* (the little poor, beggar) whose life was dignified by the creation of an Order in Roman Catholicism. Pope John Paul II declared him the Saint Patron of Ecology (1979), which followed the growth of the leading discipline of contemporary science. The youth period of present-day third-agers was highly influenced by the rise and wideness of spread of the ecological thinking, elected by, e. g., nothing less than Aldous Huxley’s *Brave New World* (1932). Such influential role gave rise also to the choice of the present Pope Francis’ patron (2013; the Argentine-born Bergoglio was born in 1936). Part of the essential message in the Assisian may be obtained from the Cantic of the Sun, also known as *Laudes Creaturarum* (Praise of the Creatures). He would say of nature as the mirror of God, all of it being sisters and brothers to any and all of us. Science’s aim is to describe God’s creation. Pope Francis encyclical of 2015 adopts the Saint’s title “Laudato Si’, Mi’ Signore”, in the name of our sister and mother Earth. Humanity, which used to be nature’s Lord and Queen, is now the guardian of creation, and this, our common home.

Humanity and its home, the Earth, are all together sharing the same destiny. Ecological thought is long-term, encompasses the interspecific collectives of ecosystems, multi-lineage and multi-generational, overcoming and including all individualities, while respecting them as components of the big networks. The good to the human equals the good to the whole collectives of species that compose ecosystems. These are embedded one inside others – ecosystem Earth is like the onion bulb, a collective of sub-ecosystems, each skin participating in the composition of the big whole (Figure 2). One may answer respectfully to religious questionings that, in case there is God, He/She/It will be praised the same by our caring for the creation, so that we will not be excluded from any post-mortem eventual benefits.

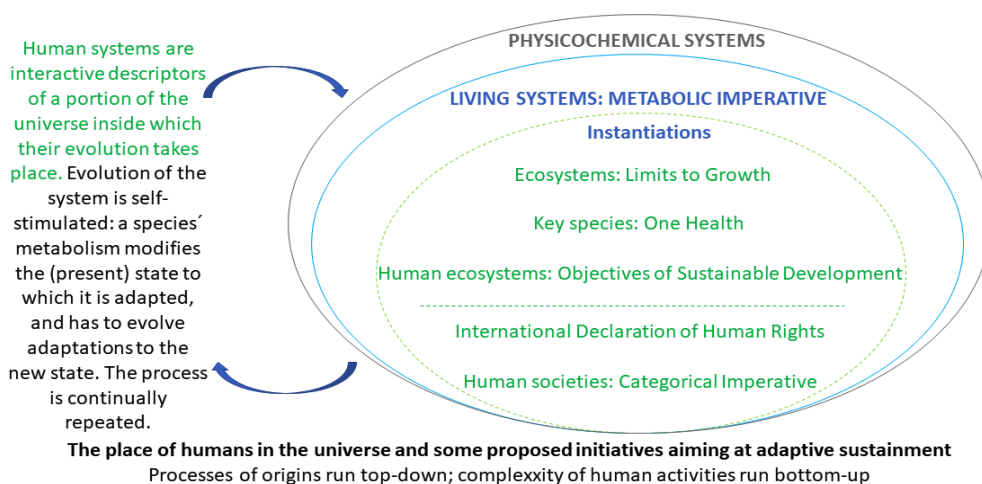


Figure 2. The place of humans in the universe

Evolutionary thought showed up in thermodynamics, together with the industrial revolution, in paleontology and then Darwin (1859). In my own medical background, the situation is also drastically deficient.

How come nobody talked about the environment as protagonist, with its proper identity and prominence? It is commented only punctually in some instances such as pollution, miasmas, toxicity... Our *umwelt* would be somewhat hidden from observation, e. g., inside the digestive tract and the airways. Materials ingested only become part of our internal milieu after mucosal uptake and alveolar absorption, respectively.

I recall other environmental crises along the history of life, at least two of them being caused by living beings: the rise of atmospheric oxygen (from 2 Ga) and the rise of rooted plants (~365 Ma).

The description of the world stayed static (as in the *Scala Naturae*; Lovejoy, 1964), around and below mankind for very long. Examples: the well-known ‘Know thyself’, from the Greeks; the ‘world and nature are here to serve us’, among the Abrahamic monotheisms. The real things are the Platonic transcendental, metaphysical, the superlative infinities and, again, in the monotheisms, while our terrestrial realm is just a temporary and imperfect ‘shade in the cave’. The Cartesian ‘I think, so I am’, is as much hubric and arrogant. In an opposing humility, Darwin’s ‘I think’ is just a proposition in the form of a sketched small phylogenetic tree.

We are in a dynamic and evolutionary world. Perplexity rules, attempting to learn from the crisis, imagining futures and searching for meanings and senses to the life process. It is probably established that individualisms may have the necessary qualities of objectivism but they are not sufficient for description and understanding the dynamics. It is mandatory, aiming at completeness, to account for the collectivities, such as populations, lineages, ecosystems and societies, in spite of these being fuzzy systems, and always under continuous construction and reconstruction. In face of the obligatory death of organisms, and of their shorter ontogenetic adaptive intervals, what may remain to accomplish the long-term expectancies of the living is the phylogenetic biodiversity.

In spite of the limited reach and uncertainties, we should express concern about the cognitive gap referring to the lack of attention given to, or intentional neglect of, the environments. The gap contributes to widen the feeling of surprise with respect to the ‘novelty’ that the environment is hitting us too hard, in relation to the prevailing concept that it should be passive, assuming the role of ‘being here to serve us humans.’ Such feeling of novelty and surprise may add to the backing of the denialist (deeper yet, escapist) kinds of reaction and even the attacks that science, culture and the universities are being subjected to.

It is also consequent to deliberate ‘selective blindness’ (recalling José Saramago 1997) toward disturbing facts and advice that have been offered to us since the early 20th century, on the piling up of waste, desiccation and hydrological crises, loss of habitats and of biodiversity etc. Generalized slowed global productivity is reported mainly from the 1970s. Many of the alerts from the Club of Rome’s ‘Limits to Growth’ (1972) are coming to light.

The cultural gap refers to the late (re)discovery of the concept of environment. The fault is very wide, between Ancient Greece and the 19th century, when the notion of evolution showed up more or less simultaneously in the distant branches of science such as physics, paleontology and biology. We are not alone in noticing gaps in our cultural background. It also springs up in other areas, such as in studies on the attribute of consciousness (Horgan, 2016). I got used to nourishing the concept that the curiosity of scholars, from scientists to philosophers, was necessarily wide to the point of reaching nearly all corners. Ancient Greece attests to this point. Then I came to notice that the environment was not talked about or studied throughout the almost entire span of our culture. It was a deception to note my naïve expectancies.

Environment

The environment is now a fashionable concept, environmentalists and denialists clashing about it; great cultural changes are expected. Humankind might now find its wider home, birthplace and cosmic integration. Can we grow to the multirooted human, *Homo radiculatus*? (Figure 3).

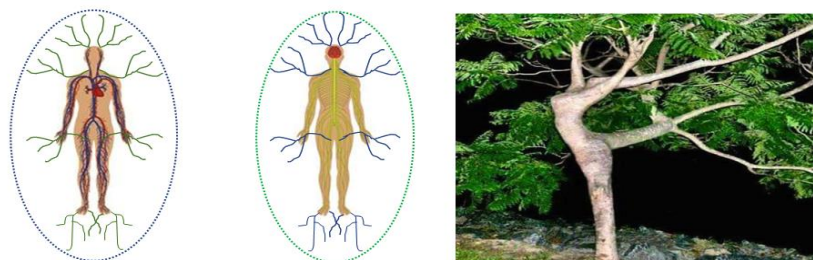


Figure 3 - The fully rooted Homo radiculatus senses, feels and acts with both 'hearts and nerves' (left and center, respectively). It is embedded in and integrated to the entities and history of the ecosystem and social networks, in consonance with the principles of both their conservativeness (as memories) and adaptivity/evolvability (from relational plasticity). The Femina radiculata (right) may be an inspiration, from the plant world.

I would expect this to follow from the fixation of the notions that: (1) Living Beings are the entities – cells, bodies, organisms – that instantiate the (2) Life process. There is no life outside of the Living Beings, dispersed in the universe. (3) Living Beings are differentiations – biochemical systems – from geochemical systems. The latter are, therefore, our mothers and wombs and, by extension, also the Earth: Pachamama, Mother Earth, Gaia, Terra, Tellus. (4) The environment is our origin, and we have never liberated from it - we are not 'autonomous'.

The correct context says that environment and the living body are interpenetrated. No demarcation is clear-cut, limits are fuzzy. Organisms are embedded in the environment and this belongs also to the inside of them. Water molecules may have the same structure in and out, but organisms transform them into derivatives that may be useful, such as the hydrogen, utilized for the reduction of organic compounds, or need to be handled with much care, such as the oxygen, that may be necessary for respiration but may be turned into toxic reactive species. Some organic compounds may leak out of their sites of origin and accumulate in the atmosphere layers.

This means that the environment, at least its portion in our immediate neighborhood, that feeds us and exchanges with our metabolism, our 'umwelt' (Brentari, 2015) and root, is a functional part of our bodies (or vice versa, we are part of it). This conclusion enhances the magnitude of the present cognitive crisis, with respect to the contrast that becomes apparent only now, confronting the previous view of a clear-cut separation or demarcation. Societies are suddenly facing a large challenge, coming from a previously unsuspected source. The source is diffuse, innominate and not personalized, which may be causing the reactionaries to get angry and nervous generally, also diffusely against all evolutionary propositions. The escapist attitudes are unfocused, directed against everything, from the shape of celestial objects – the Flat Earth – to the indigenous inhabitants of all remote cone-tips of Earth's crust and ocean – which would 'own too large territories.' Where are the gases in the sky, that I don't see and that scientists blame so much for being accumulating?

Science Communication

All of a sudden, people are told of the existence of not just one but multiple gravitational ceilings above the air that we breathe. This resides in a thin layer surrounding the planet. We can only see, in daylight, the water vapor accumulated in clouds, dispersed amid the blue vastness; open space, no ceiling. We can have a faint notion of layers when thinking of the rarefaction of the air in the high altitudes of mountains – a few to various kilometers above ground and sea level – together with the nearness of the clouds. We can sense it when riding airplanes, above the cloud layer and inside a tight bubble holding adequate pressure and collected oxygen. It is then possible to envisage – not to see – other layers above these, that are sensed and defined by scientific apparatuses.

The scenario drawn on the causes and consequences of climate change is dramatic and haunting. Worse still, it identifies causes on the very roots of the western culture, science and its technological applications that, seen from another point of view, have been so successful in, e. g., extending drastically human life expectancy all over the planet. This may seem contradictory – so good, so bad? – and not making sense to the laypeople. It may be a reason for the success of denialist and conspiracy theories, at the same time raising a challenge for the scientific endeavor of reaching wider audiences with understandability, which could be of help to subsidize mutual support.

There is a lot to be done with respect to scientific literacy at large, on how to guarantee ethical utilization of scientific knowledge. Scientific education should be more than distributing technology to all kinds of entrepreneurs and let them go non-scrutinized to make easy profit and to acquire political power, to the point of causing harm to the population of citizens that should not be reduced to consumers. Much of the fight of consumer protection groups that should be directed against the unethical components of big industry, big pharma etc., end up spilling over the science that gives them technical support and does not participate in its misutilization by them.

Scientific disciplines should also adopt adequate training for mediation of conversations with religious citizens and institutions in order to avoid unlearned and undue rejection based on misinterpretations. We may hear a lot of religious learned people, e. g. physicians, saying of the ‘tyranny of science’. It might be a better approach to say of complementariness in attempts at mutual help than by taking sides and possible conflicts or rejection.

Ethics, compassion and empathy might help, for instance, in the proposition that science and religion should be kept each restricted to its proper realm, not allowing for disputes that are typical of the invasion of each other’s arenas. In these conflictive spaces, we should ask for the help of ethicists, psychologists and philosophers for mediation. The objective is to avoid rejection and stalled discussions for the sake of obtaining support for action in the direction of correcting the course of – besides uncontrolled population increase – environmental devastation, for society to become aware of and friendly towards the environment. People should learn that such attitudes will be life-saving and profitable, beyond the emotional or esthetical. Science is much more than utilitarianism. It has much to say about reality, ‘weltanschauung’, well-being...and needs to be enriched with participation on ethical debates.

To Live is to Metabolize

Metabolism is driven by consumption but there are earthly limits to the number of metabolic units (organisms, ecosystems), to their avidity and modes of processing. It is disturbing to realize that the challenge posed by the crisis requires an almost complete revision of ‘the system’ that prevails in our society. The utilization of energy derived from the burning of diverse kinds of fuels – the Pyrocene aspect of the Anthropocene – shall be stopped, as well as the application of the fast and bulky industrial scales and dimensions to all aspects, from mere extraction to production, which may result in nearly unrecoverable devastation. We are immersed in an over-explored, saturated, over-stuffed world, clogged in diverse senses.

Society is embedded in an ecosystem and will be largely digital, but built on the basis of metabolism. It should privilege solidarity, which has the collectivity together with individuals, and sustainability, which has the environment together with humans and all other aspects of the ecosystem. Accordingly, health shall refer to all components – the ‘One Health’ concept – physical, biotic and human (Destoumieux-Garzón et al., 2018).

Humans are no different from bacteria with respect to metabolism and its environment degradation aspect. Activities and behaviors may be considered extensions of metabolism: niche-building is part of exchange behaviors. Some human adaptations may differ from the generality of species due to involvement of intentionality and complex socio-cultural interactions. However, the complexity of evolutionary populations is not reducible to individualisms. The discovery of evolution and of the role of environments require humility with respect to (non)predictability, and the capacity of association of bacteria to overcome the obstacles to the continuity of life!

We dare to propose a biochemically possibly over-simplified but functionally evident definition: *living beings are protein synthesis systems* (Guimarães, 2019). The stance is utilized that the metabolic system is defined by its final product, its reason for being. The product defines all previous steps. To reach such unity, multiple feedback loops are necessary in the network. It happens as if the development of the system goes through loosely defined sub-closure steps and goes on until it can find its form in a structurally finished state. Although not necessarily functionally finished, it may be considered cognitive, in view of its specificities.

The descriptive approach is organized with respect to the partial functions. DNA and RNA correspond, respectively, to (1) the cellular memories, which define the sequences of proteins, that are the protein-coding genes. (2) Other genes may code for RNAs that are vehicles of information for the expression of the genetic memories: the generic protein synthesis machinery (ribosomal RNAs, transfer RNAs, etc.); the chromosome structures (most important, e.g., for reproductive processes is the correct partition of DNA among descendants); the regulation of gene activities. All these activities, of DNA and RNA maintenance and expression of memories are, in fact, realized in association with proteins, that is, in the form of DNPs and RNPs, which are organized aggregates, deoxyribonucleoproteins and ribonucleoproteins. It can be said that proteins are ‘taking close care’ of the mechanisms of construction of their memories, by checking the quality of the system all along its constructive steps.

A third component is the most actively ‘living’, a term which denotes the dynamics of being alive – metabolism. This may, in fact, designate all aspects of the living, including its relations with the environment. The classical minimal living entity (a living body) is the cell, from bacteria and archaea to protists, fungi, animals and plants. All living beings have unicellular stages. Some phyla are exclusively so, others have uni- and multicellular stages or body forms.

The biochemical description of metabolism says of uptake of matter (mass and energy) from the environment, its transformation into derivatives that are proper to the cellular materials and activities, and extrusion of non-serviceable remains, excreta and secretions. In larger cells, bodies or organisms, there are other descriptive characters, such as behaviors of hunting for preys, escaping from predators, looking for sexual partners, spreading appendages or gametes, socializing etc., which may all be included in the category of extensions of the three just cited: uptake, transformation, extrusion. All these functions, from the interactive receptors to the active motors, are basically jobs of proteins, aside with the nucleic acids – memory components, plus the structural and functional helpers – lipids and carbohydrates.

Viruses and prions are not living or metabolizing entities. They are segments of cells that are replicated and transmitted between other cells. They evolve along the journey and may transport materials between cells, accomplishing the role of increasing the plasticity and the evolutionary dynamics of the systems. Their variety is enormous and may get close to challenging the limits and frontiers of standard concepts.

Network Plasticity, Self-Reference

This description of components is integrated in bodies through their organization as networks of molecular activities. Network structures are integrated combinations of linear chains and cycles. Cycles are typically multiconnected in the network, which provides for their nearly uninterrupted activities, therewith accounting also for the function of memories. Network memories are of the epigenetic kind, that is, systemic, corresponding to the conjoint activity of various genes together, as in the long-term maintenance of phenotypic states. These are sometimes inheritable, in the category of 'epigenetic transgenerational transmission'.

It is then possible to summarize the necessary concepts.

- (1) *Living beings* are protein synthesis systems (Guimarães, 2019).
- (2) To live is to metabolize, to maintain active the network of uptake-transformation-extrusion.
- (3) The system of evolutionarily organized polymer sequences (nucleic acids and proteins) is continuously regenerated and reproduced by the metabolic activities that are instantiated by the polymers themselves, in self-reinforcing – self-referential – cycles.
- (4) *Life* is the process instantiated by living beings, which is adaptive and evolutionary.
- (5) The adaptive system is based on the *plasticity* of the components, lower in DNA, intermediate in RNA, higher in proteins, and still higher in the network.
- (6) Stability of the system is obtained mainly through the memory components, (a) genes for the constitution of the polymers, and (b) epigenetic cycles, for the network functions, such as the differentiated and the adapted phenotypic states, including the homeostasis and resilience processes.

Metabolism is Contradictory, Evolution is Mandatory.

With respect to the interactions with environments, organisms are essentially degradative, which requires continuous (re)adaptations and evolution. Otherwise, with respect to internal 'economy' (Holmes, 1986), the self-referential character is applicable in its full generality: genes code for proteins that help replication (of genes) and reproduction (of the system, the cell); proteins instantiate the metabolic networks, whose products are materials for the synthesis of proteins. The communication between components is mainly through direct contacts (e. g. protein binding) or at distances (enzyme products or secretions). The wider notion of self-reference or self-reinforcement is preferable over other similar but more restrict to special cases, such as autocatalysis.

The self-referential processes are constructive, in the organismal side, but at the same time destructive, in the relational side, with respect to the environment. We arrive then, at the great contradiction: living beings degrade the environments on which they depend. Left alone in this direction, they will exhaust resources and have to stop reproducing, entering stationary states, in a path that leads to possible death. There are many species, including the simpler microbial, that persist up to the present in this unregulated regime. Their survival depends on short and fast reproductive cycles, where the plain mutation rate is sufficient to generate variations that facilitate survival across time and the adequate range of environments.

Regulatory developments arose in some species with formation of resistance states such as cysts and spores, which require complexity of controls. These are dormant states with quiet metabolisms that could survive under restrictive and stressful conditions, as if just waiting for reestablishment of environments favorable to germination. Higher levels of regulation come in with interspecific interactions developing mutualist regimes. One species enriches the environment of another and the conjoined set may form a higher-order network of mutual help. The plasticity of the network is synergistically higher than the mere sum of the plasticity of the components, in confronting the physicochemical environments, which is a reason-for-being of ecosystems. Some simpler cases are e. g. of syntrophy, more complex the symbiosis, among a large diversity of arrangements.

History

It is apparent that humans may have developed some kinds of communities and cultures where such widespread friendliness, among the cultures and in relation with the other biologic and physicochemical components prevailed, forming stable, long-lasting ecosystems. Most probably, peaceful stability would have fluctuated around regimes of the saltatory equilibrium types, punctuated with crises, either internal or relative to the environments, and even war-like, with respect to neighboring cultures. To the contrary, the historical period of humanity seems more war-filled-like than of the long-lasting friendship and peacefulness kinds. Our history differs from that of non-human ecosystems, in general, mostly in view of the dominant role of complex cultural habits, filled with intentionality and planning.

The metabolic essence is a generator of crises. This dampens somewhat the blame that is being thrown in the back of the humankind, by spreading it to the whole of the life process and of the living beings. We may behave more destructively than other species but we are not the inventors of the habit. The problem with humans in causing the environmental crises is therefore, not in the '*original sin*' of being metabolic but, in having the intelligence tool, of misdirecting it. The original contradiction is amplified in all directions and with low discriminatory power to choose the direction toward long term sustainability. The situation is described with similarity to the case of mutations, paraphrasing and extending François Monod's '*Chance and Necessity*' (1971): there are many pathways, in all directions, while just a few of them result in the sustainability, or the fitness, or the living success criteria. Would the consequence tend to favor the direction of catastrophe?

The living contradiction is much obvious, to the point of participating in literary observations, among which the Brazilian João Guimarães Rosa: 'living is very dangerous' (Grande Sertão Veredas 1956, The Devil to Pay in the Backlands, 1963; Rocha, 2023). We add that it is as much dangerous to the living cell or organism as to its environment. The environment that sustains us is placed in danger of disruption by its own creatures, analogs of 'parasites'.

The time course of humans, along phylogeny and in the ontogenesis of individuals is short in relation to the biological tradition of ecosystem maturation based in Darwinian processes. We may circumvent the difficulties with the help of cultural learning and education, which anthropologists, ecologists and many other domains are fighting for. The road is bumpy and tortuous but we'll get there successfully at least in some lucky territories and paradigmatic islands, seeds for the necessary spread. We have first to survive the crisis, then learn from it, participating fruitfully in the trajectory of our Gaia, Earth, Tellus geochemical cradle and home.

If to live is to metabolize, what to say of a plant seed found in a Pharaoh's tomb 5000 years of age? Is it dead or alive? – a biological version of '*Schrödinger's cat*' paradox (1935). Metabolism is tested stopped and morphology OK, but we cannot tell until it passes the test of germination, by placing it under conditions adequate for living or rebirth. If metabolic dynamics is reassumed, it was not dead; if not, it was dead. If it were not dead but not manifesting the dynamics, we'd say it was in a state of suspended life, defined as being capable of 'resurrection', that is, resume or restart. Suspended life belongs to the 'spectrum of variation' categories, which include dormancy, numbness and hibernation. Techniques for manipulation of such states are desiccation, freezing in the liquid state (without allowing for the growth of ice crystals), lyophilization, freeze-drying etc. The biological answer to Schrödinger's quest is in the hands of the relations between organisms and the contexts, if they are productive or not.

The organism with cardiorespiratory or cerebral inactivity, that is legally diagnosed as dead, may still have parts that are not dead. The legal definition is utilized for the sake of allowing extraction of parts or organs for transplantation, for therapy of other members of society. The concepts of mutuality and symmetry are

followed that the individuals serve society, mirroring the previous state where society served the individuals along their lifetime.

The derived lesson refers to the importance of the environment in its relations with organisms. Most interesting would be the radical stance of saying that it is upmost, full, integral 100%. If this is the case, we reach the situation where the environment is not there, outside, but it is also inside, an integral part of the living system. A partial conclusion: the living system is the cell and its immediate supporting environment, a system that cannot be separated into independent parts. Each individual is a composite, a mini-ecosystem (Ribeiro et al. 2011). In this sense, the individual and its immediate environmental cut co-evolve. Images of such an ensemble would be similar to the astronaut and its indispensable bubble, the passenger in an airplane.

Mother Earth

The analogies may be weak but the message is strong: we have to take very good care of the environment on which we strictly depend. A provocative comparison can be made with our mothers: the environment would be more extensively essential even than them. Mothers can be temporary: they and their wombs are essential for the gestational and early ontogenetic process. After parturition and separation of the umbilical cord the newborn is loose in the world and can be supported by other caretakers and helpers. Contrarily, our environment and our ecosystem have to take care of us for the whole of our lives, as well as the lives of our mothers. Biological mothers are temporary, the ecosystem of long duration. This just reminds us of and enforces the concept that 'living systems are differentiated states of the life-giving, proto-living or life-precursor geochemical systems (grand-mothers of the biological mothers)'. Such new states remain being fed, sustained and supported by geochemistry. Ilya Prigogine's physicochemical and thermodynamic statements are well-suited in saying of 'dissipative systems', models for some aspects of the living (Prigogine and Lefever 1968).

The environment and the ecosystem in our (and of our mother's) vicinity have to be healthy uninterruptedly and along our entire lives: there are no umbilical cords that could be cut. In this realm, other tests can easily be conducted to demonstrate the premise of the essentiality of environments through blockades. If you stop breathing, you die in a few minutes; stop drinking water, in a few days; stop eating, in a few weeks. If you ingest toxics, all the same. Mother Earth is 'forever', according to the duration of the planetary conditions. Biological lineages and collectivities have originated at ~4Ga, with open-ended evolutionary futures.

Ahead from the generalized neglect

Other cultures before or aside with ours might have felt the importance of the environment or of the surrounding natural world but, at least in the western tradition, those were treated as inexhaustible resources. They might have gone through crises of unsustainability but they did not leave us efficient and timely messages. Instances of punctual acquisition of ecological awareness are described, for instance, in cases of infectious diseases. They were thought to have been caused by so-called miasmas and fetid vapors and gases evaporated from rotten materials in swamps. The same with various cases of toxicity. There would be something from the surroundings affecting us. Without an encompassing notion of the environment as a bona fide entity or identification of the bad and good components, generic neglect was the dominant behavior. The same behavior happened with respect to the waste disposal, considering the environment an infinite sink. Much worse was the notion that nature existed just to serve us and should be subdued. This comes from the religious foundations of the west.

The Sixth Day ...²⁷ So God created man in His own image; in the image of God He created him; male and female He created them. ²⁸ God blessed them and said to them, "Be fruitful and multiply, and fill the earth and subdue it; rule over the fish of the sea and the birds of the air and every creature that crawls upon the earth." ²⁹ Then God said, "Behold, I have given you every seed-bearing plant on the face of all the earth, and every tree

whose fruit contains seed. They will be yours for food.... Berean Standard Bible [https://biblehub.com/genesis/1-28.htm 04Oct2022 16:25 Brasilia Std time]

A surprise came in from the unsuspected notion of evolution. Together with the industrial revolution, there entered the need for knowledge on the building and maintenance of machinery, which gave a big push to thermodynamics. Its second law became a generic law of evolution, together with e. g. the direction given the growth of entropy and by the obedience to descending energy / mass gradients. Paleontology was accumulating evidence for the existence of extinct species and their chronology according to the geological layers.

Finally comes in Darwin, introducing himself and Wallace conjointly to the Linnean Society, to present a theory on how would biological species evolve, in concert and interacting with the environment. This side of the story marks the birth of the environment, as a bona fide player in the evolutionary records, the birth of a new concept about the partners and forces that shape the evolutionary scenarios, and the new 'weltanschauung' of the dynamic world.

Darwin was one among the naturalist voyagers inheriting and developing the influences of the German 'Naturphilosophie'. His iconic image is the hand-drawn small first phylogenetic tree with the title on top of the handbook page 'I think' (ca 1837). Gathering data from his trip recollections and the information detailed by the museologists back home, the small tree organizes the more than 20 species or specimens into a continental source and a few derived groups, spread in concert with the geographical distribution of the islands of the Galapagos archipelago. Then we have the island environments in correlation with the species morphology, which surprisingly made a lot of sense.

In the incoming theory, the environments participate with 'forces' as big as the biological in shaping the species, through interactions. The aging *Scala Naturae* mode of organizing the known entities, including the biological species, are substituted by the scientific phylogenetic trees. The *Scala Naturae* mixes together all kinds of entities, natural, religious and other mental artifacts. The Great Chain of Being starts with God and descends in angels, demons, stars, Moon, kings, nobles, plebeians, wild animals, domestic animals, trees, other plants, precious stones, precious metals and other minerals (Lovejoy 1964).

Concluding Remarks: The Self-Inflicted Crisis

We are repeating what primitive living beings always did – unregulated growth, unresponsive to environmental clues of saturation. Radical, extreme, far-self-reference. We consider ourselves intelligent and we may be so, but we privileged some directions that are now proving to reach exhaustion of resources and saturation of space with our activities and accumulated waste. The rationale for the causal diagnosis is the plain metabolic.

If it is considered that biochemistry is a differentiated state and a chapter of geochemistry, then the Mother Earth meme is correct and the path being followed is matricidal. If it is considered that we are fully and continually dependent on respiration and metabolic transformation of material and energetic nutrients taken up from the environment, then the path being followed is also suicidal. It may be wise to utilize such dramatic terms in order to hit loudly the bells of alert.

How come, can we find roots of the crisis on characters of the western culture? Yes, we can, but I don't have details on how similar or different ours is from other cultures. I don't know them enough to risk non-justifiable opinions. We can say that living beings, in general, share the same metabolic trend of manifesting the self-referential behavior, and also that such manifestations may acquire cultural idiosyncrasies and tonalities.

Self-reference means that we involve ourselves in the explanations we are giving. It occurs in natural or formal languages when a sentence, idea or formula refers to itself. We chose this term in view of its generality and plasticity in being applicable to diverse contexts of the life process and their local expressions. An example is the first among the Great Extinction Events in the paleontological record, which was caused by the rise of

cyanobacteria and resulting in the Great Oxidation Event. The evolutionary event of photonic water breakage would have been fixed due to being driven by energetic advantages to the cyanobacteria. This went on irrespective of the ecological consequences, which reside in the exterior and in the obviously unknown future scenarios. Then the self-referential behavior of the cyanobacteria is ‘blind’ to collaterals that belong to contexts other than those included in the source object, and ‘sees’ only the internal context, which is ‘itself’.

The reality of self-reference in the life process adds another meaning to the famous (in the Brazilian context) statement of Riobaldo in João Guimarães Rosa (1956, *The Devil to Pay in the Backlands*): “Living is very dangerous”. Yes (and I ask for excuses on the repetition), dangerous with respect to the living beings in general and to their environments. Everything a living being does in the world refers to that living being, irrespective of consequences to others in the same species, to other species and to the physicochemical components of the environment.

This is the primary type of behavior, which may be modulated, regulated or even reversed in the course of adaptations and evolution of behavioral traits to ecosystem and social contexts. When we feel in love with someone, the feeling is not only directed to that someone, it is also directed to ourselves. A more radical proposition with bases on the self-referential principles is Autopoiesis, which we will not detail. It seems it needs to reflect more largely on the environments.

There are some parallels between the building of social systems and of ecosystems. In both there is some taming and regulation of self-reference, which depend mostly on the network structures that are developed. The basis of networks is the interdependence and mutuality among the components where some degrees of freedom of a component are sacrificed in favor of the distributed benefits that are spread through the whole system. This is the network version of the series of common maxims: ‘the whole is greater than the sum of the parts’, ‘everything is interconnected’ and ‘the top-down effects’, where ‘the top’ is the whole system that acts upon each of its components.

Network structures are dynamic and plastic, with wide adaptive capabilities. The workings of the internal substructures are rarely deterministic, demonstrating local plasticity via fluctuations in the communication channels among components. Notable exceptions are the eusocial insects and the naked-mole-rats, where the effects of developmental chemicals are quasi-deterministic. Such kinds of effects are retained in the more complex vertebrates mostly in the realms of sexual mechanisms, via the pheromones.

There is still a lot to be developed with respect to the utopic global stable and sustainable network. In the sense of Eduardo Galeano, the sustainability utopia remains a guiding attractor (1994): ‘Utopia resides there in the horizon. I get two steps closer she gets two steps backward. I walk ten steps the horizon runs also ten. The more I can walk, I’ll never make it. What good does the utopia serve? It’s just for this: so that I don’t stop walking’.

The *evolutionary imperative* applies, running together with the *metabolic imperative*. The latter incorporates a contradiction that provokes the former, as an attempted solution, but it only recreates the condition of the previous type. Therefore, no linearity but circular configurations of the uroboric and lemniscate types. Some degree of rigidity may be necessary for stability of the system but it should not be impeditive to the generation of novelties and inventions, which are the sources of ingredients for the adaptations and evolution. The latter are essential for the survival under variable environments and, most important, under the condition where the constituents of the system are themselves fragile, mutable and variable. Therefore, rigidity is both impossible and disadvantageous. A reason for the evolutionary choice of proteins, for composing the main stuff of living is their intrinsic plasticity.

A similar internal conflict applies to our social condition. A maxim type of statement would say: (1) *Individuals* are necessary for the adaptive and evolutionary process but are not sufficient. (2) *Collectivities* are

the fundamentals of the living systems, individuals are components. (3) Living inside communities gives rise to structured interaction networks where the component individuals acquire identities through the interactions and effects of *mutuality*. This would be a biologic background for the analytical psychologies' concepts of the relevance of 'the others' for the development of any component. Populations are full-fledged entities as much as the individuals. The former subsumes the latter as higher-order entities, but they remain fully dependent on the latter. Therefore, (4) the system dynamics is what matters, not the proposition of the conflictive situation of parts x wholes.

Acknowledgements To the long period of learning I spent in the Self-Organization group of UNICAMP. To the LBEM that hosts me more recently. To my professors Luigi Bogliolo, Giorgio Schreiber, Willy Beçak, Hertha Mayer, David Bloch, Winston Gutteridge, Volker Erdmann, Edward Trifonov. To the many friends that make our lives happier.

References Chapter 14

- Brentari C 2015 Jakob von Uexküll: The discovery of the umwelt between biosemiotics and theoretical biology. ISBN 978-94-017-9687-3, DOI 10.1007/978-94-017-9688-0
- Concílio V, Koudela ID 2019 (Portuguese) Protocols and the Theater Pedagogy - from the translation of student's protocols about 'The yes sayers' to the protocols of 'joyous work'. Urdimento (Florianópolis), 1(34): 246-255. <https://dx.doi.org/10.5965/1414573101342019246>
- Darwin C 1859 On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, London
- Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, Boissier J, Darriet F, Duboz P, Fritsch C, Giraudoux P, Roux FL, Morand S, Paillard C, Pontier D, Sueur C, Voituron Y 2018 The One Health concept: 10 years old and a long road ahead. Front. Vet. Sci. 5, 14 <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>
- Galeano E 1994 Las Palabras Andantes, El Derecho al Delirio, Siglo 21, Buenos Aires <https://www.revistaprosaversoearte.com/para-que-serve-a-utopia-eduardo-galeano/>
- Guimarães RC 2019 Roots of Complexity in the Self-referential Genetic Code. Ch. 6, pg 117-143 in Lars H. Wegner, Ulrich Lüttge *Editors*, Emergence and Modularity in Life Sciences. Part II From Modules to Emergent Holistic Properties in Living Organisms. Springer Nature Switzerland ISBN 978-3-030-06127-2 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06128-9>
- Holmes FL 1986 Claude Bernard, the Milieu Intérieur, and Regulatory Physiology. Hist. Phil. Life Sci. 8:3-25
- Horgan J 2016 The Mind–Body Problem, Scientific Regress and "Woo" <https://blogs.scientificamerican.com/cross-check/the-mind-body-problem-scientific-regress-and-woo/The-science-of-consciousness>
- Huxley A 1932 Brave New World. Chatto and Windus UK
- Lovejoy AO 1964 *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, ISBN 0-674-36153-9 Wikipedia 09Aug2022, 20:39 Brasilia Std Time
- Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens WW III 1972 The Limits to Growth. Potomac Associates – Universe Books ISBN 0-87663-165-0 ClubOfRome.org
- Monod J 1971 *Hasard et la Nécessité: an essay on the natural philosophy of modern biology*. Knopf New York ISBN 10 0394466152
- Prigogine I, Lefever R 1968 Symmetry Breaking Instabilities in Dissipative Systems II. J. Chem. Phys. 48, 1695-1701; doi: 10.1063/1.1668896
- Ribeiro JAG, Cavassan O, Brando FR 2011 (Portuguese) Constructing a model of the concept of environment through the scientific models of ecological units: contributions to ecology teaching. 169-189 in Teaching

Sciences and Mathematics V, History and Philosophy of Science. Org. AMA Caldeira. Cultura Acadêmica/UNESP, São Paulo. ISBN 978-85-7983-214-7

Rocha LOS 2023 kindly offered me five citations of the author João Guimarães Rosa to the theme, in the book (Portuguese) 'Grande Sertão: Veredas' 1956 José Olympio, Rio de Janeiro, Brazil. Literal English 'Great Backlands: Oases', English publication: The Devil to Pay in the Backlands 1963.

Saramago JS 1995 Ensaio sobre a cegueira; Blindness 1997. Ed. Caminho – The Field of the Word, Lisboa, Portugal ISBN 0-15-100251-7

Schrödinger E 1935 The present situation in quantum mechanics. Naturwissenschaften. 23: 807–812. doi:10.1007/BF01491891

Imperativo metabólico: Lacunas Profundas na Cultura Ocidental com Respeito a Nossa Dependência do Ambiente. Romeu Cardoso Guimarães. Capítulo 14, pg150-165
PREPRINT 26abril2023 In: **Princípios de Governança: Estratégias para Redução da Desigualdade e Promoção do Desenvolvimento Humano**, Org. Alfredo Pereira Jr e Francisco Sousa, Springer Nature, Nova York, Série 'Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas' RCG: Laboratório de Biodiversidade e Evolução Molecular (LBEM), Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 31270.901 Belo Horizonte MG Brasil
romeu.cardoso.guimaraes@gmail.com, romeucg@ufmg.br +55-31-9.8897.6439

[Do Editor APJ 22Fev: Abraços e parabéns pela profundidade do capítulo, é uma reflexão bastante pertinente para o livro, a partir da biologia e medicina. Abraços]

A prática prossegue passo a passo, a teoria compreende toda a jornada
 Referido a Bertold Brecht (Concílio e Koudela, 2019; tradução livre)

Resumo Aspectos ecológicos são fundamentais para compreender diversas facetas da crise global contemporânea. As mudanças climáticas causaram modificações e perdas generalizadas de produtividade, que desestabilizaram quase todos os aspectos dos ecossistemas e sistemas sociais. Ficamos surpresos ao constatar a ausência do conceito de meio ambiente como entidade de 'pleno direito' por mais de 2 milênios, desde a Grécia Antiga do século 6 antes de zero (-6º) até o século 19. A lacuna abrange o intervalo entre as Quatro Essências de Tales (terra, água, ar, fogo) e o amadurecimento das ideias evolutivas, quando as correlações entre os caracteres dos ambientes e dos seres vivos foram racionalizadas. Demorou mais de um século para que o ser humano se sentisse impactado pelas consequências da deficiência cognitiva. Nossa dependência essencial dos contextos também ficou clara. É um aprendizado para filósofos e cientistas que nossos predecessores eram cegos e insensíveis ao Imperativo Metabólico e seus corolários: todos os seres vivos são essencialmente degradadores de seus ambientes.

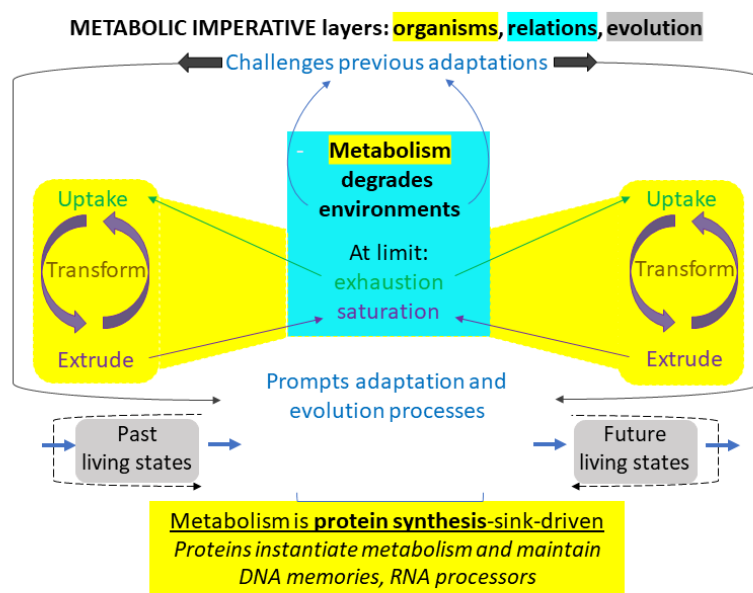
Palavras-chave Vida, Seres vivos, Imperativo Metabólico, Ambiente, Proteínas, Redes, Memórias, Plasticidade, Evolução, Crises Relacionais, Hubris.

Introdução

Como o meio ambiente pode ser negligenciado nas teorias do desenvolvimento econômico e humano, se ele é condição inicial e limite essencial para o bom funcionamento do sistema produtivo e para a qualidade de vida da população humana? Abismos cognitivos semelhantes são identificados em muitas áreas da ciência. A atual crise ecológica pode ter raízes neste desconhecimento em relação ao meio ambiente, possivelmente refletindo a arrogância humana diante do sustento natural. Os cenários culturais atuais estão repletos de explicações espiritualistas e conspiratórias. Eles atribuem uma atitude tirânica à ciência que pretende ser normativa em todos os âmbitos. Corremos esse risco? Como reagir e justificar? A composição do amálgama interativo de razão, intuição e sensibilidade pode ser abordada visando às mudanças necessárias para superar a crise, mas ainda é difícil vislumbrar os limites que serão alcançados pelas propostas hipertecnológicas e hiperinformacionais, se a dependência parece ser absoluta dos ares, águas, solos e energias.

Por que há resistência às normas oferecidas pela razão, por exemplo, a ciência, enquanto se cede às normas oferecidas pelas crenças religiosas? Quais são os obstáculos ao conhecimento material e prático? A ciência deve ser proativa e atenta para abranger o amplo escopo de aplicações de seus desenvolvimentos, incluindo as técnicas e ferramentas que podem ser úteis em alguns, mas prejudiciais em outros aspectos da sociedade. As consequências das atividades metabólicas, se deixadas correr livremente no espaço limitado, são o esgotamento dos recursos e a saturação do depósito de resíduos. A contradição metabólica essencial mostra-se a florada: os organismos degradam os ambientes dos quais dependem. O desafio é resolvido por organismos capazes de mudanças adaptativas (pelo menos, reposição – *anaplerose* – de nutrientes e cuidado com os resíduos acumulados) e evolução. Na evolução (Brentari, 2015; Darwin, 1859), algumas identidades anteriores podem ser perdidas, outras modificadas, que é o caráter não conservador do processo: em caso de sobrevivência, a regra é a impermanência e a diversidade generalizada. Nesse contexto, aumentam a informação e seu processamento na organização de sistemas. Nossa espécie é relativamente nova e ainda está aprendendo a desenvolver a sustentabilidade em ecossistemas e sistemas sociais. Essa é a nossa busca: modular e moderar o crescimento com foco nas qualidades sistêmicas, já que as quantidades atingiram a saturação (Figura 1).

Figura 1. O Imperativo Metabólico é estruturado em três camadas. (1) As atividades metabólicas dos sistemas vivos degradam seus ambientes via (a) esgotamento da matéria (massas e energias) que é absorvida. Após (b) processamento interno, as transformações produzem (c) resíduos que são extrudados para os ambientes. (2) O estado adaptado anterior é desafiado a (3) (re)adaptar-se aos novos contextos, tanto a nível ontogenético como filogenético. O ciclo se repete indefinidamente, através das linhagens reprodutivas, dos ecossistemas e da biodiversidade.



Crise

A crise contemporânea é global, mas sou cauteloso ao me referir apenas à cultura ocidental. Essa janela pode parecer estreita, mas suas consequências são amplas e fortes. As contribuições ocidentais se espalharam e afetaram todas as áreas do globo, principalmente em consequência da ciência e da tecnologia. A crise parece ser fundamentalmente ecológica, ou seja, relacionada às interações dos seres vivos com os ambientes. Essas interações são caracterizadas como metabólicas, em sentido amplo. A essência do metabolismo é contraditória: os seres vivos modificam, transformam e degradam o meio ambiente, que é, ao mesmo tempo, seu suporte. Eles retiram nutrientes de ambientes e extrudem derivados que podem ser muito diferentes e novos para o exterior. Em consequência, as adaptações e a evolução são imprescindíveis ao processo da vida.

Os humanos não são diferentes, mas só agora se dão conta disso, diante das consequências dos excessos. Estas decorrem do tamanho da população e da escala ampliada da devastação tecnológico-industrial, associada ao acúmulo de resíduos. A capacidade regenerativa dos processos naturais é muito inferior à da colheita industrial. Entre os resíduos, o mais notório é o efeito estufa

dos gases e vapores que ficam retidos gravitacionalmente entre as camadas tropo-estratosféricas que envolvem o planeta. O alarme soa fortemente na forma de aquecimento global e mudanças climáticas que aceleram os danos anteriores de forma dominó/cascata. Em consequência, ocorre uma perda generalizada de produtividade, que desencadeia consequências políticas e culturais, incluindo a guerra. O modelo aplicado à crise atual encadeia zoonoses, recessão econômica, mudança climática, guerra, colapso da biodiversidade e muito mais.

O mais evidente é o aspecto cognitivo. Eu costumava gostar da ideia de que a curiosidade científica abrangeria o maior alcance possível, mas agora percebo a miopia e outras limitações. Como é possível que o meio ambiente tenha sido negligenciado e estragado por tanto tempo? Lembro Tales de Mileto (Grécia Antiga, séculos -6 a -7) dizendo que a matéria básica do universo era composta de terra-água-ar-fogo. Embora não seja sofisticada como a tabela periódica moderna para descrever os elementos químicos, a preocupação pré-socrática com o *arché* (os elementos de que todas as coisas são feitas) revela um grau de consciência ambiental que estava ausente até recentemente.

A tese do grande apagão ambiental, no âmbito dos interesses da cultura ocidental, será, muito auspiciosamente, contestada ao longo da história das pontuações que atravessam o vasto intervalo entre os períodos da Grécia Clássica e a Europa do século 19. Atenção pode ser dada a dois renascimentos do pensamento sobre 'o lugar humano no universo'. Um no plano da racionalidade e do humanismo, que é Lucrécio (Pompeia -99 – Roma -55), o outro na tradição espiritualista cristã, Francisco de Assis (1181 – 1226). É incrível testemunhar a vastidão do tempo histórico entre estes episódios esclarecedores. Uma parte dos períodos culturais rarefeitos pode ser justificada pela falta de escrita, desenho e impressão de documentos, significando que as tradições orais podem não propiciar uma construção conceitual muito frutífera.

Os caprichos e a lentidão no progresso da razão são, por exemplo, conseqüentes a dificuldades na definição das causas dos eventos. Estes são frequentemente irrepetíveis, devido à dependência de contextos históricos. Às vezes, as forças são altamente abstratas, difíceis de exemplificar com demonstrações empíricas e práticas. Apesar de tudo, é preciso não deixar lacunas, estamos continuamente tentando alcançar causas explícitas.

As discussões no interior da ciência podem, às vezes, chegar aos absurdos e impasses ou filigranas das oposições, quando a solução pode ser tão fácil como ao colocar um dos adversários como caso especial do outro. Podemos ouvir agora sobre físicos colocando Newton dentro de Einstein. Eu me pergunto se é possível considerar a Terra Plana real, ao olhar para a forma de morfologias recentes

onde o diâmetro Norte-Sul é menor que o Leste-Oeste. A diferença passa a ser apenas quantitativa, nesse sentido. A redondeza versus planicidade também pode ser medida pela invariância proporcional da intensidade da aceleração gravitacional ao redor dos vários pontos de medição. Ou mostrando que bordas abruptas nunca são encontradas, todas as estradas são suaves ao redor da elipse. A discussão fica esclarecida, significando que o que está em questão não está na ordem geofísica, mas em domínios totalmente diferentes que não são comparáveis – não comensuráveis.

Os escritos de Lucrécio – o longo poema *De Rerum Natura*, Sobre a Natureza das Coisas – transmitem as explicações da física epicurista (-341 – -270) para pessoas desde os tempos romanos até a Idade Média. Fragmentos escritos foram descobertos no século 19, na íntegra apenas em 1417, fazendo parte do proto-renascimento. Muito interessante, ambos destacam a adição de indeterminação ao atomismo de Demócrito (-460 – -370), o que significa sua libertação da rigidez e a aquisição de um possível ‘livre arbítrio’ – imaginado como uma ‘dança ou desvios’ atômicos, também podendo ser considerado atributo divino. As interações atômicas são resultado de suas propriedades intrínsecas, elaboradas por Fortuna, que dariam corpo aos conceitos de acaso e probabilidade. Tal pensamento foi classificado como proto-ateu e também pode marcar o terreno da proto-auto-organização, dentro da filosofia natural. As divindades residiriam em seu próprio território pacífico – paradisíaco – não interferindo nas batalhas terrenas. Conta-se que o prédio da escola de Epicuro – chamado O Jardim – ficava do outro lado da rua da Academia de Platão, em Atenas.

Francisco de Assis é o *poverello* (o pobrezinho) altamente bem-sucedido, cuja vida foi dignificada pela criação de uma Ordem no catolicismo romano. O Papa João Paulo II o declarou o Santo Patrono da Ecologia (1979), que acompanhou o crescimento da principal disciplina da ciência contemporânea. O período juvenil dos atuais ‘terceira-idade’ foi fortemente influenciado pela ascensão e expansão do pensamento ecológico, eleito por, por exemplo, nada menos que o Admirável Mundo Novo de Aldous Huxley (1932). Esse papel influente deu origem ainda à escolha do atual patrono do Papa Francisco (2013; o argentino Bergoglio nasceu em 1936). Parte da mensagem essencial do Assisiano pode ser obtida no **Cântico do Sol**, originalmente **Laudes Creaturarum** (Louvor das Criaturas). Ele diria da natureza como o espelho de Deus, sendo toda irmãs e irmãos para todos nós. O objetivo da ciência é descrever a criação de Deus. A encíclica do Papa Francisco de 2015 adota o título do santo “*Laudato Si', Mi' Signore*”, em nome de nossa irmã e mãe Terra. A humanidade, outrora senhora e rainha da natureza, é agora guardiã da criação, e esta, a nossa casa comum.

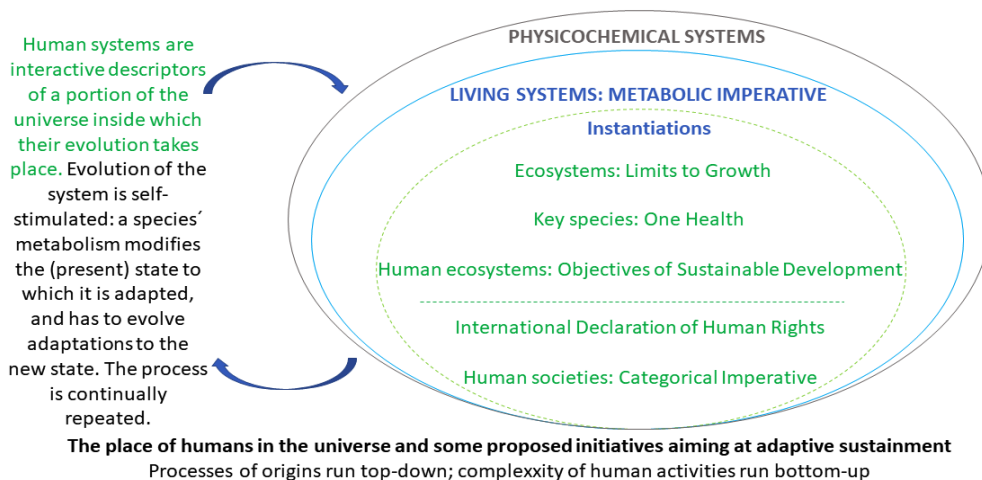


Figure 2. The place of humans in the universe

A humanidade e seu lar, a Terra, estão todos juntos compartilhando o mesmo destino. O pensamento ecológico é de longo prazo, engloba os coletivos interespecíficos de ecossistemas, multilinhagens e multigeracionais, superando e incluindo todas as individualidades, respeitando-as enquanto componentes das grandes redes. O bem para o ser humano é igual ao bem para todos os coletivos de espécies que compõem os ecossistemas. Estes são embutidos uns nos outros – o ecossistema Terra é como o bulbo da cebola, um coletivo de subecossistemas, cada pele participando da composição do grande todo. Pode-se responder respeitosamente aos questionamentos religiosos que, caso haja Deus, Ele/Ela será igualmente louvado pelo nosso cuidado com a criação, para que não sejamos excluídos de eventuais benefícios post-mortem.

O pensamento evolutivo apareceu na termodinâmica, juntamente com a revolução industrial, na paleontologia e depois em Darwin (1859). Em minha própria formação médica, a situação também é drasticamente deficiente. Como ninguém falou sobre o meio ambiente como protagonista, com sua própria identidade e destaque? É comentado apenas pontualmente em alguns casos, como poluição, miasmas, toxicidade... Nosso *umwelt* estaria um pouco escondido da observação, por exemplo, dentro do trato digestivo e nas vias aéreas. Os materiais ingeridos só passam a fazer parte do nosso meio interno após a absorção pela mucosa e absorção alveolar, respectivamente.

Lembro-me de outras crises ambientais ao longo da história da vida, pelo menos duas delas causadas por seres vivos: a ascensão do oxigênio atmosférico (a partir de 2 Ga) e a ascensão das plantas enraizadas (~365 Ma).

A descrição do mundo permaneceu estática (como na *Scala Naturae*; Lovejoy, 1964), ao redor e abaixo da humanidade por muito tempo. Exemplos: o conhecido 'Conhece-te a ti mesmo', dos gregos; o 'mundo e a natureza estão aqui para nos servir', entre os monoteísmos abraâmicos. As coisas reais são o platônico transcendental, metafísico, os infinitos superlativos e, novamente, nos monoteísmos, enquanto nosso reino terrestre é apenas uma 'sombra na caverna' temporária e imperfeita. O cartesiano 'penso, logo existo' é igualmente arrogante e húbrico. Numa humildade oposta, o 'eu penso' de Darwin é apenas uma proposição na forma de uma pequena árvore filogenética esboçada.

Estamos em um mundo dinâmico e evolutivo. Reina a perplexidade, tentando aprender com a crise, imaginando futuros e buscando significados e sentidos para o processo da vida. Provavelmente está estabelecido que os individualismos podem ter as qualidades necessárias do objetivismo, mas não são suficientes para descrever e compreender a dinâmica. É obrigatório, visando à completude, dar conta das coletividades, como populações, linhagens, ecossistemas e sociedades, ainda que estes sejam sistemas difusos, e sempre em contínua construção e reconstrução. Diante da morte obrigatória dos organismos, e de seus intervalos ontogenéticos adaptativos mais curtos, o que pode restar para cumprir as expectativas de longo prazo dos vivos é a biodiversidade filogenética.

Apesar do alcance limitado e das incertezas, devemos expressar preocupação com a lacuna cognitiva referente à falta de atenção ou negligência intencional dos ambientes. A lacuna contribui para ampliar o sentimento de surpresa com relação à 'novidade' de que o meio ambiente está nos atingindo com força exagerada, em relação ao conceito vigente de que ele deveria ser passivo, assumindo o papel de 'estar aqui para servir a nós humanos'. Tal sensação de novidade e surpresa pode somar-se ao respaldo de reações negacionistas (mais profundas ainda, escapistas) e mesmo aos ataques a que estão sendo submetidas a ciência, a cultura e as universidades.

É também consequência de uma deliberada 'cegueira seletiva' (relembrando José Saramago 1997) perante fatos inquietantes e conselhos que nos são dados desde o início do século 20, sobre a acumulação de resíduos, dessecação e crises hidrológicas, perda de habitats e da biodiversidade, etc. A produtividade global desacelerada generalizada é relatada principalmente a partir da década de 1970. Muitos dos alertas de 'Limites ao Crescimento' (1972) do Clube de Roma estão vindo à tona.

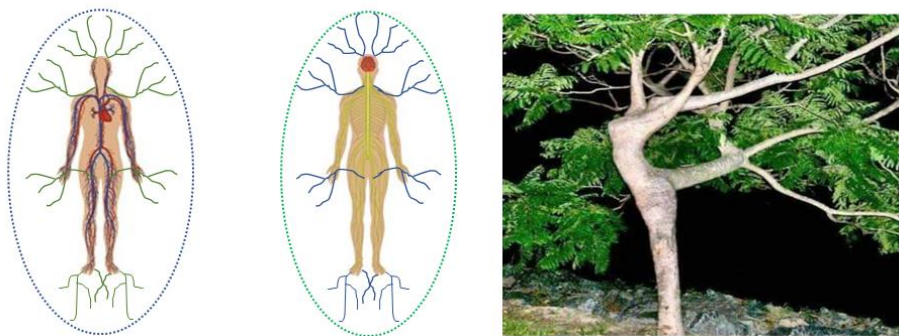
A lacuna cultural refere-se à (re)descoberta tardia do conceito de meio ambiente. A falha é muito ampla, entre a Grécia Antiga e o século 19, quando a noção de evolução apareceu mais ou menos simultaneamente em ramos distantes da ciência como a física, a paleontologia e a biologia. Não estamos sozinhos em perceber lacunas em nossa formação cultural. Também surge em outras áreas, como nos estudos sobre o atributo da consciência (Horgan, 2016). Acostumei-me a alimentar o

conceito de que a curiosidade dos estudiosos, dos cientistas aos filósofos, era necessariamente ampla a ponto de atingir quase todos os cantos. A Grécia antiga atesta esse ponto. Então eu percebi que o meio ambiente não foi falado ou estudado durante quase todo o período da nossa cultura. Foi um engano notar minhas expectativas ingênuas.

Ambiente

O meio ambiente agora é um conceito da moda, ambientalistas e negacionistas discordam sobre isso; grandes mudanças culturais são esperadas. A humanidade pode agora encontrar seu lar mais amplo, local de nascimento e integração cósmica. Podemos crescer até o humano multi-raiz, *Homo radiculatus*? (Figura 3).

Figura 3. O *Homo radiculatus*, totalmente enraizado sente, pensa e age com ‘coração e nervos’. Está inserido e integrado nas entidades e na história do ecossistema e das redes sociais, em consonância com os princípios tanto da sua conservação (por conta de memórias) como da adaptabilidade e evolução (a partir da plasticidade relacional). A *Femina radiculata* pode ser uma inspiração, do mundo vegetal.



Eu esperaria que isso decorresse da fixação das noções de que: (1) Seres vivos são as entidades – células, corpos, organismos – que instanciam o (2) Processo da vida. Não há vida fora dos Seres Vivos, dispersos no universo. (3) Os Seres Vivos são diferenciações – sistemas bioquímicos – dos sistemas geoquímicos. Estas últimas são, portanto, nossas mães e ventres e, por extensão, também a Terra: Pachamama, Mãe Terra, Gaia, Terra, Tellus. (4) O meio ambiente é nossa origem, e nunca nos libertamos dele - não somos 'autônomos'.

O contexto correto diz que o ambiente e o corpo vivo são interpenetrados. Nenhuma demarcação é clara, os limites são difusos e imprecisos, confusos. Os organismos estão inseridos no ambiente e este também pertence ao interior deles. As moléculas de água podem ter a mesma estrutura quando dentro e quando fora, mas os organismos as transformam em derivados que podem ser úteis, como o hidrogênio, utilizado para a redução de compostos orgânicos, ou precisam ser manuseados com muito cuidado, como o oxigênio, que podem ser necessários para a respiração, mas podem ser transformados em espécies reativas tóxicas. Alguns compostos orgânicos podem vazar de seus locais de origem e se acumular nas camadas da atmosfera.

Isso significa que o ambiente, pelo menos sua porção em nossa vizinhança imediata, que nos alimenta e troca com nosso metabolismo, nosso 'umwelt' (Brentari, 2015) e raiz, é uma parte funcional de nossos corpos (ou vice-versa, somos parte dele). Essa conclusão aumenta a magnitude da atual crise cognitiva, no que diz respeito ao contraste que só agora se torna aparente, confrontando a visão anterior de uma separação ou demarcação nítida. As sociedades estão repentinamente enfrentando um grande desafio, vindo de uma fonte anteriormente insuspeita. A fonte é difusa, inominada e não personalizada, o que pode estar deixando os reacionários irritados e nervosos em geral, também difusamente contra todas as proposições evolutivas. As atitudes escapistas são desfocadas, dirigidas contra tudo, desde a forma dos objetos celestes – a Terra Plana – até os habitantes indígenas de todos os remotos cones-pontas da crosta terrestre e oceano – que seriam 'donos de territórios muito grandes'. Onde estão os gases no céu, que não vejo e que os cientistas tanto culpam por estarem se acumulando?

Comunicação científica

De repente, as pessoas são informadas da existência não apenas de um, mas de vários tetos gravitacionais acima do ar que respiramos. Isso reside em uma fina camada ao redor do planeta. Vemos apenas, à luz do dia, o vapor de água acumulado nas nuvens, disperso na imensidão azul; espaço aberto, sem teto. Podemos ter uma vaga noção de camadas quando pensamos na rarefação do ar nas altas altitudes das montanhas – alguns a vários quilômetros acima do solo e do nível do mar – juntamente com a proximidade das nuvens. Podemos sentir isso ao andar de avião, acima da camada de nuvens e dentro de uma bolha apertada segurando pressão adequada e oxigênio coletado. É então possível vislumbrar – não ver – outras camadas acima destas, que são sentidas e definidas pelos aparatos científicos.

O cenário traçado sobre as causas e consequências das mudanças climáticas é dramático e assombroso. Pior ainda, identifica causas nas próprias raízes da cultura ocidental, da ciência e de suas aplicações tecnológicas que, vistas de outro ponto de vista, tanto conseguiram, por exemplo, estender drasticamente a expectativa de vida humana em todo o planeta. Isso pode parecer contraditório – tão bom, tão ruim? – e não fazer sentido para os leigos. Pode ser uma razão para o sucesso de teorias negacionistas e conspiratórias, ao mesmo tempo em que desafia o esforço científico de atingir públicos mais amplos com compreensibilidade, o que pode ajudar a subsidiar o apoio mútuo.

Há muito a ser feito em relação à alfabetização científica em geral, sobre como garantir a utilização ética do conhecimento científico. A educação científica deveria ser mais do que distribuir tecnologia a todos os tipos de empresários e deixá-los passar despercebidos para obter lucro fácil e adquirir poder político, a ponto de causar prejuízos à população de cidadãos que não deveriam ser reduzidos a consumidores. Grande parte da luta dos grupos de defesa do consumidor que deveria ser dirigida contra os componentes antiéticos da grande indústria, da grande indústria farmacêutica etc.

As disciplinas científicas também devem adotar treinamento adequado para mediação de conversas com cidadãos e instituições religiosas, a fim de evitar rejeições iletradas e indevidas com base em interpretações errôneas. Podemos ouvir muitas pessoas eruditas religiosas, por exemplo, médicos, falando da 'tirania da ciência'. Talvez seja melhor abordar a complementaridade nas tentativas de ajuda mútua do que tomar partido e possíveis conflitos ou rejeições.

Ética, compaixão e empatia podem ajudar, por exemplo, na proposição de que ciência e religião devem ser mantidas cada uma restrita ao seu domínio próprio, não permitindo disputas típicas da invasão das arenas uma da outra. Nesses espaços conflituosos, devemos pedir a ajuda de eticistas, psicólogos e filósofos para mediação. O objetivo é evitar rejeições e discussões paralisadas a fim de obter subsídios para ações no sentido de corrigir os rumos da – além do aumento desordenado da população – devastação ambiental, para que a sociedade se torne consciente e amiga do meio ambiente. As pessoas devem aprender que tais atitudes salvarão vidas e serão lucrativas, além do emocional ou estético. A ciência é muito mais do que utilitarismo. Tem muito a dizer sobre realidade, 'weltanschauung', bem-estar. . . e precisa ser enriquecida com a participação em debates éticos.

Viver é Metabolizar

O metabolismo é impulsionado pelo consumo, mas há limites terrestres para o número de unidades metabólicas (organismos, ecossistemas), para sua avidez e modos de processamento. É preocupante perceber que o desafio colocado pela crise exige uma revisão quase completa do

'sistema' que impera em nossa sociedade. A utilização de energia derivada da queima de diversos tipos de combustíveis – o aspecto Piroceno do Antropoceno – será interrompida, assim como a aplicação das rápidas e volumosas escalas e dimensões industriais a todos os aspectos, desde a mera extração até a produção, que pode resultar em devastação quase irreversível. Estamos imersos em um mundo superexplorado, saturado, sobrecarregado, entupido em diversos sentidos.

A sociedade está inserida em um ecossistema e será amplamente digital, mas construída com base no metabolismo. Deve privilegiar a solidariedade, que tem a coletividade junto com os indivíduos, e a sustentabilidade, que tem o meio ambiente junto com o ser humano e todos os demais aspectos do ecossistema. Assim, a saúde deve referir-se a todos os componentes – o conceito 'One Health, Saúde Una' – físicos, bióticos e humanos (Destoumieux-Garzón et al., 2018).

Os seres humanos não são diferentes das bactérias no que diz respeito ao metabolismo e seu aspecto de degradação do meio ambiente. Atividades e comportamentos podem ser considerados extensões do metabolismo: a construção de nichos faz parte dos comportamentos de troca. Algumas adaptações humanas podem diferir da generalidade das espécies devido ao envolvimento da intencionalidade e interações socioculturais complexas. No entanto, a complexidade das populações evolutivas não é redutível a individualismos. A descoberta da evolução e do papel dos ambientes exige humildade no que respeita à (não)previsibilidade, e à capacidade de associação das bactérias para ultrapassar os obstáculos à continuidade da vida!

Atevemo-nos a propor uma definição bioquimicamente possivelmente simplificada, mas funcionalmente evidente: *os seres vivos são sistemas de síntese de proteínas* (Guimarães, 2019). Utiliza-se a postura de que o sistema metabólico é definido por seu produto final, sua razão de ser. O produto define todas as etapas anteriores. Para alcançar tal unidade, múltiplos loops de realimentação são necessários na rede. Acontece como se o desenvolvimento do sistema passasse por etapas de subfechamento vagamente definidas e continuasse até encontrar sua forma em um estado estruturalmente acabado. Embora não necessariamente funcionalmente acabado, pode ser considerado cognitivo, tendo em vista suas especificidades.

A abordagem descritiva é organizada com respeito às funções parciais. DNA e RNA correspondem, respectivamente, a (1) as memórias celulares, que definem as sequências de proteínas, que são os genes codificadores de proteínas. (2) Outros genes podem codificar RNAs que são veículos de informação para a expressão das memórias genéticas: a maquinaria genérica de síntese de proteínas (RNAs ribossômicos, RNAs de transferência, etc.); as estruturas cromossômicas (o mais importante, por exemplo, para os processos reprodutivos é a partição correta do DNA entre os descendentes); a regulação das atividades gênicas. Todas essas atividades, de manutenção de DNA e RNA e expressão de memórias são, de fato, realizadas em associação com proteínas, ou seja, na

forma de DNPs e RNPs, que são agregados organizados, desoxirribonucleoproteínas e ribonucleoproteínas. Pode-se dizer que as proteínas estão 'cuidando' dos mecanismos de construção de suas memórias, verificando a qualidade do sistema ao longo de suas etapas construtivas.

Um terceiro componente é o mais ativamente 'vivo', um termo que denota a dinâmica de estar vivo – o metabolismo. Isso pode, de fato, designar todos os aspectos do viver, incluindo suas relações com o meio ambiente. A entidade viva mínima clássica (um corpo vivo) é a célula, de bactérias e archaeas a protistas, fungos, animais e plantas. Todos os seres vivos têm estágios unicelulares. Alguns filos são exclusivamente assim, outros têm estágios uni e multicelulares ou formas corporais.

A descrição bioquímica do metabolismo diz respeito à captação de matéria (massa e energia) do ambiente, sua transformação em derivados próprios dos materiais e atividades celulares, e extrusão de restos, excretas e secreções não aproveitáveis. Em células, corpos ou organismos maiores, existem outros caracteres descritivos, como comportamentos de caça de presas, fuga de predadores, procura de parceiros sexuais, disseminação de apêndices ou gametas, socialização etc., que podem ser incluídos na categoria de extensões dos três citados: absorção, transformação, extrusão. Todas essas funções, desde os receptores interativos até os motores ativos, são basicamente trabalhos de proteínas, além dos ácidos nucleicos – componentes da memória, mais os auxiliares estruturais e funcionais – lipídeos e carboidratos.

Vírus e príons não são entidades vivas ou metabolizadoras. São segmentos de células que são replicados e transmitidos entre outras células. Eles evoluem ao longo da jornada e podem transportar materiais entre as células, cumprindo o papel de aumentar a plasticidade e a dinâmica evolutiva dos sistemas. Sua variedade é enorme e pode chegar perto de desafiar os limites e fronteiras dos conceitos padrão.

Plasticidade da Rede, Auto-Referência

Essa descrição de componentes é integrada nos corpos por meio de sua organização como redes de atividades moleculares. Estruturas de rede são combinações integradas de cadeias e ciclos lineares. Os ciclos são tipicamente multiconectados na rede, o que torna suas atividades quase ininterruptas, representando também a função das memórias. As memórias de rede são do tipo epigenético, isto é, sistêmico, correspondendo à atividade conjunta de vários genes juntos, como na manutenção de longo prazo de estados fenotípicos. Estes são, por vezes, hereditários, na categoria de 'transmissão transgeracional epigenética'.

É então possível resumir os conceitos necessários.

(1) *Os seres vivos* são sistemas de síntese de proteínas (Guimarães, 2019).

- (2) Viver é metabolizar, manter ativa a rede de captação-transformação-extrusão.
- (3) O sistema de sequências poliméricas evolutivamente organizadas (ácidos nucleicos e proteínas) é continuamente regenerado e reproduzido pelas atividades metabólicas que são instanciadas pelos próprios polímeros, em ciclos auto-reforçadores – auto-referenciais.
- (4) A *vida* é o processo instanciado pelos seres vivos, que é adaptativo e evolutivo.
- (5) O sistema adaptativo é baseado na *plasticidade* dos componentes, menor no DNA, intermediário no RNA, maior nas proteínas e ainda maior na rede.
- (6) A estabilidade do sistema é obtida principalmente através dos componentes de memória, (a) genes para a constituição dos polímeros, e (b) ciclos epigenéticos, para as funções de rede, como os estados fenotípicos diferenciados e adaptados, incluindo os processos de homeostase e resiliência.

Metabolismo é contraditório, evolução é obrigatória

No que diz respeito às interações com os ambientes, os organismos são essencialmente degradativos, o que requer contínuas (re)adaptações e evolução. De resto, no que diz respeito à 'economia' interna (Holmes, 1986), o caráter autorreferencial é aplicável em toda a sua generalidade: genes codificam proteínas que auxiliam a replicação (dos genes) e a reprodução (do sistema, da célula); as proteínas instanciam as redes metabólicas, cujos produtos são materiais para a síntese de proteínas. A comunicação entre os componentes ocorre principalmente através de contatos diretos (por exemplo, ligação de proteínas umas às outras) ou à distância (através de produtos enzimáticos ou secreções). A noção mais ampla de autorreferência ou autorreforço é preferível a outras semelhantes, mas mais restritas a casos especiais, como a autocatálise.

Os processos autorreferenciais são construtivos, do lado do organismo, mas ao mesmo tempo destrutivos, do lado relacional, no que diz respeito ao meio ambiente. Chegamos então à grande contradição: os seres vivos degradam os ambientes dos quais dependem. Deixados sozinhos nessa direção, eles esgotarão os recursos e terão que parar de se reproduzir, entrando em estados estacionários, em um caminho que leva à possível morte. Existem muitas espécies, incluindo as microbianas mais simples, que persistem até o presente neste regime não regulamentado. Sua sobrevivência depende de ciclos reprodutivos curtos e rápidos, onde a taxa de mutação simples é suficiente para gerar variações que facilitam a sobrevivência ao longo do tempo e da gama adequada de ambientes.

Desenvolvimentos regulatórios surgiram em algumas espécies com formação de estados de resistência, como cistos e esporos, que requerem complexidade de controles. São estados dormentes com metabolismos tranquilos que poderiam sobreviver em condições restritivas e estressantes, como se apenas esperassem o restabelecimento de ambientes favoráveis à germinação. Níveis mais altos de

regulação surgem com interações interespecíficas desenvolvendo regimes mutualistas. Uma espécie enriquece o ambiente de outra e o conjunto pode formar uma rede de ajuda mútua de ordem superior. A plasticidade da rede é sinergicamente superior à mera soma da plasticidade dos componentes, frente aos ambientes físico-químicos, razão de ser dos ecossistemas. Alguns casos mais simples são por exemplo de sintrofia, mais complexos a simbiose, entre uma grande diversidade de arranjos.

História

É evidente que os humanos podem ter desenvolvido alguns tipos de comunidades e culturas onde prevaleceu essa amistosidade generalizada, entre as culturas e na relação com os outros componentes biológicos e físico-químicos, formando ecossistemas estáveis e duradouros. Muito provavelmente, a estabilidade pacífica teria flutuado em torno de regimes de tipo saltatório, pontuados por crises, quer internas quer relativas aos ambientes, e mesmo bélicas, no que diz respeito às culturas vizinhas. Ao contrário, o período histórico da humanidade parece mais marcado pela guerra do que pelos tipos duradouros de amizade e paz. A nossa história difere da dos ecossistemas não humanos, em geral, sobretudo pelo papel dominante de hábitos culturais complexos, carregados de intencionalidade e planificação.

A essência metabólica é geradora de crises. Isso amortece um pouco a culpa que está sendo lançada nas costas da humanidade, espalhando-a, distribuindo-a para todo o processo da vida e dos seres vivos. Podemos nos comportar de forma mais destrutiva do que outras espécies, mas não somos os inventores do hábito. O problema dos humanos em causar as crises ambientais não está, portanto, no 'pecado *original*' de ser metabólico, mas, em ter a ferramenta da inteligência, de desviá-la. A contradição original é amplificada em todas as direções e com baixo poder discriminatório para escolher o rumo da sustentabilidade de longo prazo. A situação é descrita com semelhança ao caso das mutações, parafraseando e estendendo 'Acaso e Necessidade' de François Monod (1971): há muitos caminhos, em todas as direções, e são assim usados, enquanto apenas alguns deles resultam na sustentabilidade, ou no condicionamento físico ou nos critérios de sucesso na vida; estes são posteriores, consequentes às mutações, portanto, imprevisíveis. Por consequência do mero jogo de números, tenderia a favorecer a direção da catástrofe?

A contradição viva é tão óbvia, a ponto de participar de observações literárias, entre as quais o brasileiro João Guimarães Rosa: 'viver é muito perigoso' (Grande Sertão Veredas 1956, O Diabo a Pagar no Sertão, 1963; ver Rocha 2023). Acrescentamos que é tão perigoso para a célula ou organismo vivo quanto para seu ambiente. O ambiente que nos sustenta é colocado em perigo de destruição por suas próprias criaturas, análogos de 'parasitas'.

O curso temporal dos humanos, ao longo da filogenia e na ontogênese dos indivíduos é curto em relação à tradição biológica de maturação ecossistêmica baseada em processos darwinianos. Podemos contornar as dificuldades com a ajuda da aprendizagem e educação cultural, pela qual lutam antropólogos, ecólogos e muitas outras áreas. O caminho é acidentado e tortuoso, mas lá chegaremos com sucesso pelo menos em alguns territórios afortunados e ilhas paradigmáticas, sementes para a necessária propagação. Primeiro temos que sobreviver à crise, depois aprender com ela, participando frutuosamente da trajetória de Gaia, Terra, Tellus, berço geoquímico e lar.

Se viver é metabolizar, o que dizer de uma semente de planta encontrada na tumba de um faraó com 5.000 anos de idade? Está morta ou viva? – uma versão biológica do paradoxo do *gato de Schrödinger* (1935). O metabolismo está testado parado e a morfologia boa, mas não podemos dizer até que passe no teste de germinação, colocando-o em condições adequadas para viver ou renascer. Se a dinâmica metabólica for retomada, ela não estava morta; se não, estava morto. Se não estivesse morto, mas não manifestando a dinâmica, diríamos que estava em estado de vida suspensa, definida como sendo capaz de 'ressurreição', ou seja, recomeçar ou recomeçar. A vida suspensa pertence às categorias de 'espectro de variação', que incluem dormência e hibernação. As técnicas de manipulação desses estados são a dessecação, o congelamento no estado líquido (sem permitir o crescimento de cristais de gelo), a liofilização etc. A resposta biológica à busca de Schrödinger está nas relações entre organismos e os contextos, se são produtivos ou não.

O organismo em estado de inatividade cardiorrespiratória ou cerebral, legalmente diagnosticado como morto, ainda pode ter partes que não estão mortas. A definição legal é utilizada para permitir a extração de partes ou órgãos para transplante, para terapia de outros membros da sociedade. São seguidos os conceitos de mutualidade e simetria de que os indivíduos servem a sociedade, espelhando o estado anterior onde a sociedade serviu os indivíduos ao longo de sua vida.

A lição derivada refere-se à importância do meio ambiente em suas relações com os organismos. O mais interessante seria a postura radical de dizer que é máxima, inteira, integral, 100%. Se assim for, chegamos à situação em que o ambiente não está ali fora, mas também dentro, parte integrante do sistema vivo. Uma conclusão parcial: o sistema vivo é a célula e seu ambiente de suporte imediato, um sistema que não pode ser separado em partes independentes. Cada indivíduo é um composto, um miniecosistema (Ribeiro et al. 2011). Nesse sentido, o indivíduo e seu recorte ambiental imediato coevoluem. As imagens desse conjunto seriam semelhantes ao astronauta e sua bolha indispensável, o passageiro de um avião.

Mãe Terra

As analogias podem ser fracas, mas a mensagem é forte: temos que cuidar muito bem do meio ambiente do qual dependemos estritamente. Uma comparação provocativa pode ser feita com nossas mães: o ambiente seria mais extensivamente essencial até do que elas. As mães podem ser temporárias: elas e seus úteros são essenciais para o processo ontogenético gestacional e precoce. Após o parto e separação do cordão umbilical o recém-nascido fica solto no mundo e pode ser amparado por outros cuidadores e ajudantes. Ao contrário, nosso meio ambiente e nosso ecossistema devem cuidar de nós durante toda a nossa vida, assim como a vida de nossas mães. As mães biológicas são temporárias, o ecossistema de longa duração. Isso apenas nos lembra e reforça o conceito de que 'os sistemas vivos são estados diferenciados dos sistemas geoquímicos doadores de vida, proto-vivos ou precursores da vida (avós das mães biológicas)'. Esses novos estados continuam sendo alimentados, sustentados e amparados pela geoquímica. As declarações físico-químicas e termodinâmicas de Ilya Prigogine são adequadas para falar de 'sistemas dissipativos', modelos para alguns aspectos da vida (Prigogine e Lefever 1968).

O meio ambiente e o ecossistema ao nosso redor (e da nossa mãe) devem ser saudáveis ininterruptamente e ao longo de toda a nossa vida: não há cordões umbilicais que possam ser cortados. Nesse âmbito, outros testes podem ser facilmente realizados para demonstrar a premissa da essencialidade dos ambientes por meio de bloqueios. Se você parar de respirar, você morre em poucos minutos; parar de beber água, em poucos dias; parar de comer, em algumas semanas. Se você ingerir tóxicos, tudo igual. A Mãe Terra é 'para sempre', de acordo com a duração das condições planetárias. Linhagens biológicas e coletividades se originaram em ~4Ga, com futuros evolucionários em aberto.

Diante do descaso generalizado

Outras culturas antes ou ao lado da nossa podem ter sentido a importância do meio ambiente ou do mundo natural circundante, mas, pelo menos na tradição ocidental, esses foram tratados como recursos inesgotáveis. Podem ter passado por crises de insustentabilidade, mas não nos deixaram mensagens eficientes e oportunas. São descritos casos de aquisição pontual de consciência ecológica, por exemplo, em casos de doenças infecciosas. Acreditava-se que eram causados pelos chamados miasmas e vapores fétidos e gases evaporados de materiais podres em pântanos. O mesmo com vários casos de toxicidade. Haveria algo do ambiente nos afetando. Sem uma noção abrangente do meio ambiente como uma entidade genuína ou identificação dos componentes bons e ruins, a negligência genérica era o comportamento dominante. O mesmo comportamento ocorreu com relação ao descarte de resíduos, considerando o ambiente um sumidouro infinito.

Muito pior era a noção de que a natureza existia apenas para nos servir e deveria ser subjugada. Isso vem dos fundamentos religiosos do ocidente.

O sexto dia ... 27 Criou Deus, pois, o homem à sua imagem; à imagem de Deus Ele o criou; homem e mulher, os criou. 28 Deus os abençoou e lhes disse: “Frutificai e multiplicai-vos, enchei a terra e sujeitai-a; domine sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu e sobre toda criatura que rasteja sobre a terra”. 29 Então Deus disse: “Eis que vos dou todas as plantas que dão semente sobre a face de toda a terra e todas as árvores cujos frutos contêm semente. Eles serão seus como alimento.... Fonte: Bíblia Padrão Bereana [https://biblehub.com/genesis/1-28.htm 04 de outubro de 2022 16:25 horário padrão de Brasília]

Uma surpresa veio da noção insuspeita de evolução. Juntamente com a revolução industrial, surgiu a necessidade de conhecimento na construção e manutenção de máquinas, o que deu um grande impulso à termodinâmica. A sua segunda lei tornou-se uma lei genérica da evolução, juntamente com, por exemplo, a direção dada ao crescimento da entropia e pela obediência aos gradientes descendentes de energia/massa. A paleontologia foi acumulando evidências da existência de espécies extintas e sua cronologia de acordo com as camadas geológicas.

Finalmente vem Darwin, apresentando-se e Wallace conjuntamente à Sociedade Linneana, para apresentar uma teoria sobre como as espécies biológicas evoluíam, em conjunto e interagindo com o meio ambiente. Este lado da história marca o nascimento do meio ambiente, como um jogador de boa-fé nos registros evolutivos, o nascimento de um novo conceito sobre os parceiros e forças que moldam os cenários evolutivos e o novo ‘weltanschauung’ (visão de mundo, espírito do tempo) do mundo dinâmico.

Darwin foi um dos viajantes naturalistas que herdou e desenvolveu as influências da ‘Naturphilosophie’ alemã. Sua imagem icônica é a pequena primeira árvore filogenética desenhada à mão com o título no topo da página do manual ‘Eu acho’ (cerca de 1837). Reunindo dados de suas memórias de viagem e as informações detalhadas pelos museólogos em casa, a pequena árvore organiza as mais de 20 espécies ou espécimes em uma fonte continental e alguns grupos derivados, espalhados de acordo com a distribuição geográfica das componentes do arquipélago de Galápagos. Daí veem os ambientes insulares em correlação com a morfologia das espécies, o que surpreendentemente fez muito sentido.

Na teoria entrante, os ambientes participam com 'forças' tão grandes quanto as biológicas na formação das espécies, por meio de interações. O envelhecido modo *Scala Naturae* de organizar as entidades conhecidas, incluindo as espécies biológicas, é substituído pelas árvores filogenéticas científicas. A *Scala Naturae* mistura todos os tipos de entidades, naturais, religiosas e outros

artefatos mentais. A Grande Cadeia do Ser começa com Deus e desce em anjos, demônios, estrelas, lua, reis, nobres, plebeus, animais selvagens, animais domésticos, árvores, outras plantas, pedras preciosas, metais preciosos e outros minerais (Lovejoy 1964).

Observações Finais: A Crise Autoinfligida

Estamos repetindo o que os seres vivos primitivos sempre fizeram – crescimento desregulado, indiferente aos sinais ambientais de saturação. Radical, extremo; a autorreferência é distante, vem de longe. Consideramo-nos inteligentes e podemos sê-lo, mas privilegiamos algumas direções que agora se revelam chegar ao esgotamento dos recursos e à saturação do espaço com as nossas atividades e desperdícios acumulados. A justificativa para o diagnóstico causal é o metabolismo simples.

Se for considerado que a bioquímica é um estado diferenciado e um capítulo da geoquímica, então o meme da Mãe Terra está correto e o caminho que está sendo seguido é matricida. Se considerarmos que somos total e continuamente dependentes da respiração e da transformação metabólica de nutrientes materiais e energéticos captados do meio ambiente, então o caminho que está sendo seguido também é suicida. Pode ser sensato utilizar tais termos dramáticos para tocar bem alto os sinos de alerta.

Como podemos encontrar raízes da crise em personagens da cultura ocidental? Sim, podemos, mas não tenho detalhes sobre o quão semelhante ou diferente a nossa é de outras culturas. Não as conheço o suficiente para arriscar opiniões não justificáveis. Podemos dizer que os seres vivos, em geral, compartilham a mesma tendência metabólica de manifestar o comportamento autorreferencial, e também que tais manifestações podem adquirir idiossincrasias e tonalidades culturais.

Autorreferência significa que nos envolvemos nas explicações que estamos dando. Ocorre em linguagens naturais ou formais quando uma frase, ideia ou fórmula se refere a si mesma. Escolhemos este termo pela sua generalidade e plasticidade ao ser aplicável a diversos contextos do processo de vida e suas expressões locais. Um exemplo é o primeiro entre os Grandes Eventos de Extinção no registro paleontológico, causado pelo surgimento de cianobactérias e resultando no Grande Evento de Oxidação. O evento evolucionário de quebra fotônica da água teria sido implementado devido a ser impulsionado por vantagens energéticas para as cianobactérias. Isto continuou independentemente das consequências ecológicas, que residem no exterior e nos cenários futuros obviamente desconhecidos. Então o comportamento autorreferencial da cianobactéria é 'cego' para colaterais que pertencem a outros contextos que não aqueles incluídos no objeto de origem, e 'vê' apenas o contexto interno, que é 'ele mesmo'.

A realidade da autorreferência no processo da vida acrescenta outro sentido à famosa (no contexto brasileiro) afirmação de Riobaldo em João Guimarães Rosa (1956, *O Diabo a Pagar no Sertão*; ver Rocha 2023): “Viver é muito perigoso”. Sim, perigoso em relação aos seres vivos em geral e aos seus ambientes. Tudo o que um ser vivo faz no mundo refere-se a esse ser vivo, independentemente das consequências para outros da mesma espécie, para outras espécies e para os componentes físico-químicos do ambiente.

Este é o tipo primário de comportamento, que pode ser modulado, regulado ou mesmo revertido no decorrer das adaptações e evolução dos traços comportamentais aos ecossistemas e contextos sociais. Quando nos apaixonamos por alguém, o sentimento não é apenas direcionado a esse alguém, mas também a nós mesmos. Uma proposição mais radical com base nos princípios autorreferenciais é a Autopoiese, que não detalharemos. Parece que ela precisaria refletir mais amplamente sobre os ambientes.

Existem alguns paralelos entre a construção de sistemas sociais e de ecossistemas. Em ambos há certa domesticação e regulação da autorreferência, que dependem principalmente das estruturas de rede que se desenvolvem. A base das redes é a interdependência e mutualidade entre os componentes onde alguns graus de liberdade de um componente são sacrificados em favor dos benefícios distribuídos que se espalham por todo o sistema. Esta é a versão em rede da série de máximas comuns: 'o todo é maior que a soma das partes', 'tudo está interligado' e 'os efeitos de cima para baixo', onde 'o topo' é todo o sistema que atua sobre cada um de seus componentes.

As estruturas de rede são dinâmicas e plásticas, com amplas capacidades adaptativas. O funcionamento das subestruturas internas raramente é determinístico, demonstrando plasticidade local via flutuações nos canais de comunicação entre os componentes. Notáveis exceções são os insetos eussociais e os ratos-toupeira-pelados, onde os efeitos dos produtos químicos de desenvolvimento são quase determinísticos. Esses tipos de efeitos são retidos nos vertebrados mais complexos, principalmente no domínio dos mecanismos sexuais, por meio dos feromônios.

Ainda há muito a ser desenvolvido no que diz respeito à utópica rede global estável e sustentável. No sentido de Eduardo Galeano, a utopia da sustentabilidade continua sendo um atrator orientador, atrator-guia (1994): 'A utopia reside lá no horizonte. Aproximo-me dois passos, ela recua dois passos. Ando dez passos o horizonte corre também dez. Quanto mais eu puder andar, nunca conseguirei. De que serve a utopia? É só pra isso: pra eu não parar de andar'.

O *imperativo evolutivo* se aplica, correndo junto com o *imperativo metabólico*: o segundo incorpora uma contradição que provoca o primeiro, como tentativa de solução, mas apenas recria a condição do tipo anterior. Portanto, não há linearidade, mas configurações circulares dos tipos urobórico e lemniscato. Algum grau de rigidez pode ser necessário para a estabilidade do sistema,

mas não deve ser impeditivo para a geração de novidades e invenções, que são as fontes de ingredientes para as adaptações e evolução. Estes últimos são essenciais para a sobrevivência em ambientes variáveis e, mais importante, sob a condição em que os próprios constituintes do sistema são frágeis, mutáveis e variáveis. Portanto, a rigidez é impossível e desvantajosa. Uma razão para a escolha evolutiva das proteínas, para compor a matéria-prima da vida, é sua plasticidade intrínseca.

Um conflito interno semelhante se aplica à nossa condição social. Um tipo máximo de declaração diria:

- (1) *Os indivíduos* são necessários para o processo adaptativo e evolutivo, mas não são suficientes.
- (2) *Coletividades* são os fundamentos dos sistemas vivos, indivíduos são componentes.
- (3) A vivência em comunidades dá origem a redes estruturadas de interação onde os indivíduos componentes adquirem identidades por meio das interações e efeitos de *mutualidade*.

Este seria um pano de fundo biológico para as concepções das psicologias analíticas sobre a relevância dos 'outros' para o desenvolvimento de qualquer componente. As populações são entidades de pleno direito tanto quanto os indivíduos. O primeiro subsume o último como entidades de ordem superior, mas permanecem totalmente dependentes do último.

Portanto, (4) o que importa é a dinâmica do sistema, não a proposição da situação conflituosa de partes x todos.

Agradecimentos Ao longo período de aprendizado que passei no grupo de Auto-Organização da UNICAMP. Ao LBEM que me acolheu mais recentemente. Aos meus professores Luigi Bogliolo, Giorgio Schreiber, Willy Beçak, Hertha Mayer, David Bloch, Winston Gutteridge, Volker Erdmann, Edward Trifonov. Aos muitos amigos que tornam nossas vidas mais felizes.

Referências

Brentari C 2015 Jakob von Uexküll: A descoberta do umwelt entre a biossemiótica e a biologia teórica. ISBN 978-94-017-9687-3, DOI 10.1007/978-94-017-9688-0

Concílio V, Koudela ID 2019 (Português) Protocolos e a Pedagogia do Teatro – da tradução dos protocolos dos alunos sobre 'O que diz sim' aos protocolos do 'trabalho alegre'. Urdimento (Florianópolis), 1(34): 246-255. <https://dx.doi.org/10.5965/1414573101342019246>

Darwin C 1859 Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural, ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida. John Murray, Londres

Destoumieux-Garzón D , Mavingi P , Boetsch G, Boissier J , Darriet F, Duboz P, Fritsch C , Giraudoux P , Roux FL, Morand S , Paillard C , Pontier D , Sueur C , Voituren Y 2018 O conceito One Health – Saúde Una: 10 anos e um longo caminho pela frente. *Veterinary Science* 5, 14 <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>

Galeano E 1994 *Las Palabras Andantes, El Derecho al Delirio, Siglo 21*, Buenos Aires <https://www.revistaprosaveroarte.com/para-que-serve-a-utopia-eduardo-galeano/>

Guimarães RC 2019 Raízes da Complexidade no Código Genético Auto-referencial. Capítulo 6, pg 117-143 em Lars H. Wegner e Ulrich Lüttge *Editores*, Emergência e Modularidade em Ciências da Vida. Parte II. Dos Módulos às Propriedades Holísticas Emergentes nos Organismos Vivos. Springer Nature Suíça ISBN 978-3-030-06127-2 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06128-9>

Holmes FL 1986 Claude Bernard, o Milieu Intérieur e Regulatory Physiology. *Hist. Fil. Ciência da Vida*. 8:3-25

Horgan J 2016 O problema mente-corpo, regressão científica e "Woo". <https://blogs.scientificamerican.com/cross-check/the-mind-body-problem-scientific-regress-and-woo/> A ciência da consciência

Huxley A. Admirável Mundo Novo, 1932. Chatto e Windus, Reino Unido

Lovejoy AO 1964 *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, ISBN 0-674-36153-9 Wikipedia 09Aug2022, 20:39 Brasília Std Time

Meadows DH , Meadows DL , Randers J , Behrens WW III 1972 *Os Limites do Crescimento*. Potomac Associates – Universe Books ISBN 0-87663-165-0, ClubOfRome.org

Monod J 1971 *Le Hasard et la Necessité: um ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. Knopf Nova York ISBN 10 0394466152

Prigogine I, Lefever R 1968 Instabilidades de Quebra de Simetria em Sistemas Dissipativos II. *J. Chem. Physics* 48, 1695-1701; doi: 10.1063/1.1668896

Ribeiro JAG, Cavassan O, Brando FR 2011 (Português) Construindo um modelo do conceito de meio ambiente através dos modelos científicos de unidades ecológicas: contribuições para o ensino de ecologia. 169-189 em Ensino de Ciências e Matemática V, História e Filosofia da Ciência. Org. AMA Caldeira. Cultura Acadêmica/UNESP, São Paulo. ISBN 978-85-7983-214-7

Rocha LOS 2023 Gentilmente me ofereceu cinco citações do autor João Guimarães Rosa ao tema, no livro (Português) 'Grande Sertão: Veredas' 1956 José Olympio, Rio de Janeiro, Brasil. Literal English 'Great Backlands : Oases', publicação em inglês: The Devil to Pay in the Backlands 1963.

Saramago JS 1995 Ensaio sobre a cegueira; Cegueira 1997. Ed. Caminho – O Campo da Palavra, Lisboa, Portugal ISBN 0-15-100251-7

Schrödinger E 1935 A situação atual na mecânica quântica. *Naturwissenschaften* . **23**: 807–812. doi : 10.1007/BF01491891