

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**MODELAGEM ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DOS  
CONCEITOS RELACIONADOS À FÍSICA AMBIENTAL**

**MIGUEL JORGE NETO**

Orientadora: **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iramaia Jorge Cabral de Paulo**

Coorientador: **Prof. Dr. Carlo Ralph de Muisis**

**Cuiabá, MT  
Maio de 2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**MODELAGEM ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DOS  
CONCEITOS RELACIONADOS À FÍSICA AMBIENTAL**

**MIGUEL JORGE NETO**

*Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Física Ambiental.*

Orientadora: **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iramaia Jorge Cabral de Paulo**

Coorientador: **Prof. Dr. Carlo Ralph de Muisis**

**Cuiabá, MT  
Maio de 2014**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

J82m Jorge Neto, Miguel.  
Modelagem estatística multivariada dos conceitos relacionados à física ambiental /  
Miguel Jorge Neto. -- 2014  
v, 103 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Iramaia Jorge Cabral de Paulo.  
Co-orientador: Carlo Ralph de Musis.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,  
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2014.  
Inclui bibliografia.

1. Ciências ambientais. 2. Complexidade. 3. Conhecimento. 4. Análise  
multidimensional. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: MODELAGEM ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DOS  
CONCEITOS RELACIONADOS À FÍSICA AMBIENTAL**

**AUTOR: MIGUEL JORGE NETO**

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 05 de maio de 2014, pela comissão julgadora:

**Profa. Dra. Iramáia Jorge Cabral de Paulo**  
**Orientadora**

Instituto de Física - UFMT

**Prof. Dr. Carlo Ralph De Musis**  
**Coorientador**

Universidade de Cuiabá - UNIC

**Prof. Dr. Eduardo Augusto Campos Curvo**  
**Examinador Interno**

Instituto de Física - UFMT

**Profa. Dra. Franciele Bomfiglio Santanna**  
**Examinadora Externa**

Universidade de Cuiabá - UNIC

**Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa**  
**Examinadora Externa**

Instituto de Física - Universidade de Brasília - UnB

## DEDICATÓRIA

*Dedico integralmente este trabalho à Denise, minha luz, e Ana Vitória, nosso milagre.*

## AGRADECIMENTOS

- ❖ Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pela incomparável condução deste programa de pós-graduação e pela insistência, paciência e auxílio que tornaram possíveis a existência deste trabalho.
- ❖ À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iramaia Jorge Cabral de Paulo por todo o carinho e empenho não apenas nesta empreitada, mas em toda a sua longa missão por me tornar uma pessoa produtiva e do bem.
- ❖ Ao Prof. Dr. Carlo Ralph de Muis, não somente pela energia e tempo despendidos comigo e neste trabalho, mas principalmente pela amizade e confiança.
- ❖ Ao Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo, que me acolheu no início dessa jornada e por ter contribuído significativamente para a sua conclusão. Também lhe sou imensamente grato pelos preciosos incentivos e por me tornar cativo de suas histórias.
- ❖ Aos Profs. Drs. George Louis Vourlitis, Carlos Afonso Nobre e Alessandro Carioca de Araújo pela inestimável contribuição neste trabalho.
- ❖ Aos Profs. Drs. Eduardo Augusto Campos Curvo, Franciele Bonfiglio Santanna e Célia Maria Gomes de Souza por aceitarem a tarefa de avaliar este material e pelas sugestões no sentido de melhorá-lo.
- ❖ Ao Prof. Dr. Alberto Sebastião de Arruda, diretor do Instituto de Física, pela compreensão para com as demandas deste trabalho.
- ❖ Ao Prof. Dr. Patrick Siqueira da Rocha, pela fiel amizade e companheirismo da graduação até aqui.
- ❖ Ao Prof. Dr. Paulo Henrique Zanella de Arruda, meu amigo, referencial de competência, profissionalismo, educação e paciência.
- ❖ Aos companheiros da sala 206: Dú, Jeferson, Marcelo e Elvis, por me aturarem.
- ❖ Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, pela acolhida e aprendizado.
- ❖ Ao Cesário, Soilce, Flair e demais colegas que se dedicam à manutenção do PPGFA.

- ❖ À Prof.<sup>a</sup> Adeliana Aparecida de Castro (*in memoriam*). O olhar e carinho, assim como as perguntas que ficaram sem resposta não serão esquecidos.
- ❖ À família Vargas (Ana Célia, Neto, Luís, Marise e Thalita) por me permitirem participar de seu amor.
- ❖ Aos meus pais, Norivaldo e Clarice, a quem devo tudo.
- ❖ Aos amigos que ficaram pelo caminho e me ajudaram, literalmente, a sobreviver às provações anteriores, Marcelo, Marioney, Fábio e todos os outros cuja amizade não retribuí à altura.

*There must be some kind of way out of here  
Said the joker to the thief  
There's too much confusion  
I can't get no relief*

*No reason to get excited  
The thief he kindly spoke  
There are many here among us  
Who think that life is but a joke*

*But you and I, we've been through that  
And this is not our fate  
So let stop talking falsely now  
The hour is getting late*

*And the wind began to howl*

*All along the tower*

*Dylan / Hendrix*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS E QUADROS .....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MARCOS REFERENCIAIS .....	4
2.1. Da Física à Teoria da Complexidade e a Física Ambiental .....	4
2.1.1. Ciência e a Filosofia Natural .....	4
2.1.2. Ciência Moderna .....	10
2.1.3. Ciência Contemporânea .....	13
2.1.4. Em direção à Complexidade .....	15
2.2. A Epistemologia e a Ciência .....	19
2.2.1. A Epistemologia de Stephen Toulmin .....	21
2.3. Aporte Metodológico .....	31
2.3.1. A pesquisa qualitativa .....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
3.1. Revisão documental .....	34
3.2. Entrevistas com os especialistas .....	35
3.1. Análise da produção do PPGFA .....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4.1. Análise documental .....	42
4.2. Entrevistas com os especialistas .....	50
4.3. Análise de conteúdo/Análise lexical .....	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
6.1. Bibliografia citada .....	77
6.2. Bibliografia consultada .....	82
ANEXOS .....	84
Transcrições das entrevistas com os especialistas .....	84
Texto 1: SUJ.01.I .....	84
Texto 2: SUJ.02.I .....	87
Texto 3: SUJ.03.E .....	92
Texto 4: SUJ.04.E .....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Analogia entre os elementos evolutivos essenciais na epistemologia de Toulmin e a teoria Darwiniana (fonte: Massoni, 2005). .....	27
Figura 2 - Esquema da decomposição hierárquica descendente .....	40
Figura 3 - Particionamento e classificação (construção de uma matriz booleana) ....	41
Figura 4 - Nuvem de palavras para MONTEITH & UNSWORTH, 2013.....	43
Figura 5 - Nuvem de palavras para CAMPBELL & NORMAN, 1998.....	43
Figura 6 - Nuvem de palavras para HILLEL, 1998. ....	44
Figura 7 - Nuvem de palavras para BOEKER VAN & GRONDELLE, 2011. ....	44
Figura 8 - Nuvem de palavras para ROSE, 2004.....	45
Figura 9 - Nuvem de palavras para HUGHES & MASON, 2001. ....	45
Figura 10 - Nuvem de palavras para SMITH, 2001.....	46
Figura 11 - Nuvem de palavras para BLAKE & ROBSON, 2008. ....	46
Figura 12 - Nuvem de palavras para JAQUE RECHEA & AGUIRRE DE CARCER, 2000.....	47
Figura 13 - Nuvem de palavras para FORINASH, 2010. ....	47
Figura 14 - Nuvem de palavras para FARAONI, 2006. ....	48
Figura 15 - Principais referentes bibliográficos relacionados a <i>Environmental Physics</i> por número de citações na base de dados <i>Google Scholar</i> . ....	48
Figura 16 - Nuvem de palavras para os referentes bibliográficos mais citados na base de dados <i>Google Scholar</i> . ....	49
Figura 17 - Distribuição das UCEs nas classes de discursos identificadas nos trabalhos da PGFA. ....	69
Figura 18 - Resultados da análise lexical.....	71
Figura 19 - Análise fatorial por correspondência.....	72

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Temas e autores recorrentes na produção analisada .....	35
Tabela 2 - Análise das referências relativas à busca por "física ambiental"/ "environmental physics"/"física del medio ambiente" em base de dados da web .....	42
Tabela 3 - Síntese dos depoimentos para a terceira pergunta. ....	50
Tabela 4 - Síntese dos depoimentos para a quarta pergunta. ....	53
Tabela 5 - Síntese dos depoimentos para a quinta pergunta. ....	56
Tabela 6 - Síntese dos depoimentos para a sexta pergunta. ....	58
Tabela 7 - Síntese dos depoimentos para a sétima pergunta. ....	61
Tabela 8 - Visão sistêmica e complexidade. ....	63
Tabela 9 – Dimensões emergentes (temas centrais) a partir das respostas dos entrevistados.....	65
Quadro 1 – Temas de pesquisa citados pelos especialistas.....	63
Quadro 2 - <i>Discursos representativos da classe 1</i> .....	73
Quadro 3 - <i>Discursos representativos da classe 2</i> .....	73
Quadro 4 - <i>Discursos representativos da classe 3</i> .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FA – Física Ambiental.

PPGFA – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental.

CMAJ – *Canadian Medical Association Journal*.

SUJ.x.c – Código atribuído aos especialistas entrevistados (« x » corresponde à ordem cronológica da entrevista e « c » indica se o pesquisador encontra-se vinculado ( I ) ou é externo ( E ) ao PPGFA).

Px.q.n – Código atribuído às sínteses das respostas dos especialistas (« x » identifica o especialista a partir da ordem em que ocorreu a entrevista, « q » corresponde à pergunta que motivou a resposta em questão e « n » número ordenador da resposta).

ALCESTE - *Analyse Lexicale par Contexte d'un Ensemble de Segments de Texte*.

UCI – Unidade de contexto inicial.

UCE – Unidade de contexto elementar.

Khi2 – Representação do  $\chi^2$  (chi-quadrado) da UCE em relação à UCI na saída de dados do ALCESTE.

## RESUMO

JORGE NETO, M. **Modelagem estatística multivariada dos conceitos relacionados à física ambiental**. Cuiabá - MT, 2014. 100f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O ambiente natural no qual a humanidade encontra-se inserida e que tem sido modificado ao longo da história é um sistema aberto e, exatamente por isso, complexo. As conseqüentes especializações dentro do conhecimento científico contribuíram para afastar as ciências básicas, como a física, a química e a biologia do diálogo necessário para o entendimento e descrição de fenômenos ambientais em escala global que se manifestam nesse sistema. Nesse contexto, um novo corpo de conhecimentos mais adequado ao estudo do ambiente vem se estruturando. Para compreender o papel da Física Ambiental neste processo, este trabalho se propôs a investigar os conceitos e princípios que a fundamentam a partir das concepções do grupo de indivíduos que compõem a academia. Para tanto, executou-se uma triangulação entre análises de referenciais bibliográficos em bases de dados eletrônicas, entrevistas com especialistas na área e da produção da Pós-Graduação em Física Ambiental (PPGFA/UFMT). Os resultados permitiram identificar uma linha evolutiva de um corpo de conhecimentos científicos que sugere o escopo da Física Ambiental, além de evidenciar suas origens no entrelaçamento dos objetos das Ciências Agrárias e saberes típicos da Física.

**Palavras-chave:** ciências ambientais, complexidade, conhecimento, análise multidimensional.

## ABSTRACT

JORGE NETO, M. **Multivariate statistical modeling of concepts related to environmental physics.** Cuiabá - MT, 2014. 100f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics) - Physics Institute, Federal University of Mato Grosso.

The natural environment where humankind is inserted and has modified through history is an open system and, therefore, complex. The consequent specializations within scientific knowledge has contributed to turn away basic sciences, like physics, biology and chemistry from the necessary dialogue to understand and describe environmental phenomena at global scale that manifest in these systems. In this scope, a new set of knowledge more suitable to study of environment has been structuring. To understand the role of Environmental Physics in these process, this work proposed to investigate the concepts and principles that underlie this science as from conceptions within groups that compose the academy. To achieve this, a triangulation between bibliographic references at electronic databases, interviews with field specialists and the production from Post Graduate Program at Environmental Physics (PPGFA/UFMT) was made. The results allowed us to identify a set of scientific knowledges that suggests the scope of the Environmental Physics, besides showing that its origin is intertwined with Agrarian Sciences and typical physics knowledges.

**Keywords:** Environmental Sciences, Complexity, Knowledge, Multidimensional Analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente natural em que vivemos e que modificamos ao longo da história é um sistema aberto à energia (e em dada escala, à matéria) e, exatamente por isso, complexo. Uma gama de elementos e variáveis determinam os estados que esse sistema assume. Enquanto humanidade, principalmente a partir de quando passamos a nos agrupar em sociedades cada vez maiores (até uma atual perspectiva global do qual fazem parte cerca de sete bilhões de pessoas), nós não só interagimos como modificamos continuamente o sistema ambiental que nos incorpora. Essas alterações, impostas pelo homem, se intensificaram com o advento da dita revolução industrial dos meios de produção (que, na verdade, parece se sobressair à revolução energética das máquinas térmicas que se deu no período, inaugurando uma era infundável de busca – e por que não dizer, abuso – dos recursos naturais que sustentassem o modo de vida majoritariamente imposto pelas sociedades contemporâneas).

Diferente das plantas, temos tido pouco sucesso, numa escala globalmente significativa, em aproveitar diretamente a energia eletromagnética oriunda do Sol. Vivemos hoje numa sociedade industrial energeticamente dependente de fontes internas, com uma população que tem crescido à taxa de bilhões por geração e ainda há quem especule se constituímos uma força (não no sentido físico, mas planetário) capaz de perturbar significativamente ou mesmo alterar em definitivo o sistema ambiental.

Compreender as dinâmicas que ocorrem nesse sistema, quer seja nas diferentes esferas nas quais conceitualmente o fragmentamos ou holisticamente, entender o papel desempenhamos (ou a responsabilidade que nos cabe) e até que ponto o planeta continuará a abrigar a vida (esta última, obviamente, a questão fundamental) constituem, mais do que desafios filosófico-cognitivos, urgências que se apresentam à nossa espécie, a única conhecidamente sapiente neste habitat.

Muitos dos infinitos mistérios que se ocultavam na Natureza foram revelados desde a antiga física, à época filosofia natural, até as hoje agrupadas (mas nem sempre bem relacionadas) ciências exatas e da Terra. De uma busca por conhecimentos que nos facilitassem a atender a necessidades primárias, como

regulação da temperatura, segurança e subsistência, passando pela desmistificação de fenômenos e superação de medos irracionais, a filosofia natural e sua herdeira, a ciência, agregou respostas às mais variadas perguntas feitas sobre o ambiente, o universo e como lidamos com a realidade.

A complexidade do que nos rodeia exigiu diferentes abordagens e consequentes especializações do corpo de conhecimento que construímos. Da investigação dos constituintes primeiros, da matéria e energia que compõem e preenchem a tudo, às suas transformações e organização; à vida e suas particulares manifestações; as grandes e pequenas estruturas e sua história; a intangibilidade dos limites impostos ao conhecimento do natural deveria ter imanente um diálogo constante entre as ciências básicas, como a física, a química e a biologia; mas na realidade ainda podemos nos surpreender em como pode ser árdua (e por vezes, infrutífera) a tarefa de articular esses diferentes conjuntos de saberes diante de fenômenos que teimam em não se encaixar em categorias ou padrões reconhecíveis.

Numa história não tão distante, testemunhamos a Física liderar um suposto domínio da compreensão humana sobre a natureza, tornando sua linguagem-ferramenta capaz de descrever eventos futuros tão habilmente quanto conhecemos o que se mostra no presente. Outras ciências da natureza, como a Química e a Biologia também encontraram nos últimos séculos o devido destaque, apresentando-nos métodos exitosos e recompensando-nos com descobertas e modelos que descrevem assustadoramente bem a realidade dos fenômenos e seus elementos. De fato, muitas maravilhas derivadas do que aprendemos tornaram a vida do homem contemporâneo mais confortável quando comparada à de seus antecessores históricos, entretanto, eventos climáticos, configurações do sistema planetário, tem não só sido alvo de prolongados debates acadêmicos, mas realmente figurado como uma preocupação atual e urgente, dado que a nossa capacidade de adaptação ao ambiente foi testada por calamidades, manifestações extremas de temperatura e alterações de ciclos e fluxos que supúnhamos se não parcialmente, plenamente compreendidos em certos casos.

É certo que o nosso conhecimento sobre o mundo natural evoluiu, mas nossa necessidade de comida, energia e abrigo também aumentou. Agora, quando mais precisamos de certezas sobre quando plantar, como atender uma demanda crescente

por energia e que locais são propícios à fixação de comunidades humanas, temos de lidar com secas e chuvas imprevistas (ou não devidamente comunicadas), escassez de recursos energéticos (fortemente ligados às reservas finitas de combustível fóssil e regimes hidrológicos) e uma série de manifestações naturais intensas que parecem fugir à possibilidade de previsão.

Nesse contexto, encontram-se mais que justificadas as pesquisas ambientais. Mas quais enfoques devem ter essas investigações? Quais áreas devem ser privilegiadas? Podemos nos voltar para os fenômenos ambientais com noções compartimentalizadas? Qual é o papel da Física Ambiental? Seria ela o carro-chefe de um novo corpo de conhecimentos adequado ao estudo do ambiente natural? Descobrir como o grupo de indivíduos que compõem a academia representam aquilo que se denomina Física Ambiental é um passo necessário na busca pelas respostas a essas questões.

O objetivo deste trabalho é investigar a estruturação da Física Ambiental enquanto corpo de conhecimento a partir de conceitos e representações oriundas da Academia. Para atingir esta meta tem-se como objetivos específicos:

1. Buscar na literatura definições consensuais de física ambiental;
2. Identificar as concepções dos pesquisadores da área de física ambiental acerca desta;
3. A partir das produções do PPGFA, delinear um grupo conceitual pertinente aos objetos de pesquisa em física ambiental.

## 2. MARCOS REFERENCIAIS

### 2.1. DA FÍSICA À TEORIA DA COMPLEXIDADE E A FÍSICA AMBIENTAL

#### 2.1.1. Ciência e a Filosofia Natural

Diferente dos outros animais, o homem tenta entender o mundo e, a partir disso, torna-lo mais confortável para a sua própria existência. Nesse processo, vem construindo um crescente corpo de ideias que hoje chamamos ciência (BUNGE, 1972).

Ciência é conhecimento em seu significado original, vindo do termo latino *scientia* que, por sua vez, deriva de *scire*, saber, conhecer. Essa busca por conhecimento não tem, ainda hoje, uma definição consensual, mas apresenta certas características que a diferenciam de outros conjuntos de saberes, como o senso comum, as crenças e as representações sociais.

A ciência, baseada em uma abordagem sistemática da realidade calcada na busca da neutralidade, observação, razão, prática e em uma linguagem rigorosa, desenvolveu-se ao longo da história humana, afirmando-se cada vez mais como oposta a metafísica, a religião e ao senso comum. Seu avanço na apreensão dos fenômenos naturais, antecipação de eventos e transformação de elementos da natureza, contribuiu para o progresso de nosso conhecimento da natureza e o desenvolvimento tecnológico.

O progresso da ciência, entretanto, levou-a a uma fragmentação em especializações, convertendo-se num grande sistema com partes que se relacionam em diferentes níveis. Seu objeto, a Natureza, passou gradativamente a ser explorado por meio de questionamentos mais restritos, cujas conclusões podiam ser mais ou menos categorizáveis dados os enfoques ou fenômenos de interesse (FLINT, 1904).

Das ciências que se propõem a elucidar as regras que governam a natureza, isto é, as ditas ciências naturais, a Física é provavelmente a mais fundamental, dado que seu objetivo é a compreensão do Universo em seus aspectos mais gerais como o tempo e o espaço, a matéria e a energia, além de buscar as relações entre esses conceitos e os princípios derivados destas, as chamadas leis físicas. Essa percepção

da Física e seu amplo escopo é explicitada por Hewitt (2002), mas não é exclusiva a este.

Segundo Feynman (2011), por sua abordagem fundamental e abrangente, a Física influencia todo o desenvolvimento científico, ocupando atualmente papel que antes cabia à filosofia natural, da qual descendem muitas das ciências que conhecemos hoje.

Física é a mais fundamental e abrangente das ciências, e tem um profundo efeito em todo o desenvolvimento científico. De fato, a física é o equivalente atual do que costumava ser chamado de filosofia natural, a partir do qual a maioria das nossas ciências modernas surgiram. Estudantes de diversas áreas se veem estudando física por causa do papel fundamental que ela desempenha em todos os fenômenos. (FEYNMAN, 2011, p. 33).

Houve um tempo, na Antiguidade, em que cabia à Filosofia agregar a boa parte dos saberes disponíveis, em especial nossas interpretações dos fenômenos que ocorriam no mundo à nossa volta. Ainda no século XVII, como destacado por Huisman & Vergez (1967), a palavra filosofia era usada como sinônimo de “ciência física”, sendo o exemplo mais notório e evidente disso o título escolhido por Isaac Newton (1687) para sua influente coleção: “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural” ou simplesmente *Principia*<sup>1</sup>, como também é conhecido.

Ponto comum em Huisman & Vergez (1967) e Morente & Bengoechea (1970), a concepção de filosofia como a “ciência total das coisas” reverberou com intensidade até a idade moderna, sendo a obra máxima de Newton um exemplo concreto dessa influência. A classificação do conhecimento sob a égide da filosofia natural teria, assim, o propósito de explicitar um conhecimento que buscava se especializar, distinguindo-se de outros, por seu foco nos fenômenos naturais.

Apesar do grande destaque em função do título escolhido, Newton não foi o único dentre os pais da ciência moderna a ver na filosofia o lugar natural para depositar suas descobertas acerca do mundo natural:

Em página muito célebre de seus "Princípios de Filosofia", Descartes declarava que "toda a filosofia é como uma árvore cujas raízes são a metafísica, o tronco a física e os três ramos principais a mecânica, a medicina e a moral". Assim, não só a metafísica ou filosofia primeira (estudo de Deus, da alma, do conhecimento em geral) e a moral são para Descartes, como para nós, disciplinas filosóficas; mas 'ciências' no sentido moderno — como a física, a mecânica ou mesmo as técnicas —

---

<sup>1</sup> *Philosophiae naturalis principia mathematica*, na primeira edição de 1687, em latim. Disponível online em: <<http://www.ntnu.no/ub/spesialsamlingene/ebok/02a019654.html>>, acesso em 04/01/2013.

ciências aplicadas como a medicina, fazem parte da filosofia. (HUISMAN & VERGEZ, 1967, p.155)

Morente & Bengoechea (1970) explicam que, apesar de os assuntos da Filosofia serem cabíveis de distinção desde Aristóteles - em lógica, física, metafísica e ética - foi a partir da idade média que o conjunto de saberes erigidos pelo homem se dividiu em, basicamente, dois grandes setores: a teologia, com os conhecimentos sobre Deus, e a filosofia com as coisas da Natureza.

A filosofia natural, como busca racional por modelos que descrevessem a natureza, foi resgatada na renascença, época em que Descartes e Galileu propunham reformular essa ciência dando-lhe um método preciso, calcado na análise mecanicista e na experimentação. Sua origem histórica, entretanto, é anterior à idade média, sendo consensualmente localizada na Grécia pré-socrática (VII a. C.) e vindo a se consolidar após Platão, com seu discípulo Aristóteles, já no século IV a. C. (BRAGA & REIS, 2005; QUARANTA, 2008; PROENÇA ROSA, 2010).

A obra de Aristóteles, apesar de fundamental ao desenvolvimento da filosofia natural – que, por sua vez, desencadearia o surgimento posterior das ciências da natureza – aproveitava-se, em parte, do legado de outros gregos que se aventuraram pela filosofia. Mesmo tendo vivido em uma cultura com forte apelo à mitologia e que dispunha de um panteão de divindades, esses primeiros naturalistas apresentavam como característica comum uma renúncia a explicações meramente místicas, abraçando, conforme Proença Rosa (2010), “um ceticismo humanístico, comprometido com a razão”.

Aos filósofos pré-socráticos é atribuída uma sistematização inicial à filosofia, enquanto que Sócrates (~470 a.C. – 399 a.C.), por sua vez, é usualmente designado o como o “pai da Filosofia”. Sua influência modificou de tal forma o pensamento vigente que acabou sendo acusado, julgado e condenado por corromper a juventude grega.

Apesar de terem colaborado com a difusão do termo pré-socrático, Diels & Kranz (1969) explicam que a denominação não implica necessariamente uma antecedência cronológica a Sócrates, mas a atuação de filósofos que precederam aos socráticos e suas ideias (principalmente a escola de Platão), como Demócrito (~460 a.C. – 370 a.C.), por exemplo.

A partir de Sócrates e posteriormente com seu discípulo Platão (~427 a.C. – 347 a.C.), consolida-se a mudança no foco da filosofia, que é deslocado do mundo natural próximo e do cosmos para o homem. Assim, o estudo da *physis* (natureza) perde a vez para discussões mais práticas, como a ética, em especial a ética-política (ARMSTRONG, 1993). A filosofia natural sofre uma “suspensão” em seu desenvolvimento com as ideias de Platão, que leva ao extremo considerações prévias como as de Parmênides (~515 a.C. – 445 a.C.), que sugeria que nossa percepção do mundo é imperfeita e contraditória (BUCKINGHAM, 2011). Para Platão, não podemos ter conhecimento genuíno do mundo, uma vez que este é temporário e mutável (e o conhecimento verdadeiro seria eterno e perfeito). Conforme a metáfora do mito da caverna o que percebemos são meras “sombras”, cópias imperfeitas de entidades ideais existentes apenas em uma esfera não alcançável aos sentidos, mas perscrutável somente pela razão.

Coube a Aristóteles (384 a.C. – 322 a. C.) renovar o interesse pela filosofia natural e alçá-la a um nível nunca antes visto até então. Apesar de ter estudado na Academia de Platão, Aristóteles não compartilhou da crença de seu mestre de que a verdade sobre a natureza das coisas não residia neste mundo, mas somente noutra “realidade”, inatingível aos sentidos. Sua proposta era, na verdade, radicalmente contrária. Renegando a ideia de que possuímos certo conhecimento *a priori* das formas ideais, defendia que o conhecimento humano começava com a percepção dos sentidos (ARMSTRONG, 1993).

Paviani (2001) resgata as diferenças entre os dois filósofos a partir de seus legados histórico-filosóficos<sup>2</sup>:

Platão e Aristóteles, duas filosofias, dois métodos, dois estilos, perfis de duas vocações intelectuais, todavia ligados por um mesmo horizonte histórico e social. Um é conhecido pelos escritos em forma de diálogos e outro pelos tratados. O primeiro interessa-se pela política e o segundo pela pesquisa das ciências naturais. Rafael, no quadro “Escola de Atenas”, mostra um apontando para o alto, na direção do mundo das ideias, e outro olhando para o chão, para mundo da experiência. (PAVIANI, 2001, p. 196).

Aristóteles acreditava ser desnecessária a duplicidade da realidade (ideal x material) e relevantes as evidências empíricas que nos chegam por intermédio dos

---

<sup>2</sup> Disponível em: <[http://www.yeseconomy.net/wp-content/uploads/2011/10/school\\_of\\_athens-totale-300x201.jpg](http://www.yeseconomy.net/wp-content/uploads/2011/10/school_of_athens-totale-300x201.jpg)>, acesso em 05/05/2013.

sentidos (BRAGA & REIS, 2005). Essas informações poderiam, após um adequado processamento dedutivo, revelar o conhecimento verdadeiro sobre as coisas deste mundo. Desenvolveu um apurado método racional pelo qual o intelecto poderia demonstrar as verdades científicas. O silogismo, ou teoria da demonstração, não inaugurava a lógica como ferramenta para a depuração do conhecimento, uma vez que tanto a maiêutica de Sócrates quanto a dialética de Platão se prestavam a esse fim, mas sua proposta de análise foi apresentada em um sistema mais formal, menos dependente das concessões de um interlocutor, tomando por base premissas verdadeiras e universais (PAVIANI, 2001).

Compreender a lógica aristotélica, seu método para obter o conhecimento científico, não foi suficiente para determinar o conjunto de saberes com que Aristóteles descrevia e explicava o Universo. É certo supor que a construção de sua principal ferramenta de inferência deu-nos praticamente uma nova ciência (ou pelo menos uma área específica dentro da Filosofia), que só encontrou críticas efetivas a partir do século XVI, com o sucesso da ciência experimental (FONTES, 2011). A herança que nos deixou, entretanto, é muito mais ampla. Aristóteles articulou diversos saberes para compor um sistema que explicasse e descrevesse tanto a realidade quanto as causas primeiras que originariam o que podemos perceber por meio dos sentidos. Seus estudos trouxeram conclusões que deveriam responder, mesmo que não explicitamente, aos fatos empíricos, à lógica ou a ambos.

No *Organon*, instrumento em grego, temos a compilação de sua lógica. Em *Metafísica*, ele apresenta e discute o que denomina de filosofia primeira, aquilo que estaria fora do alcance imediato dos sentidos, como a essência dos seres e as causas que estariam por traz das constantes transformações e movimentos pertinentes ao mundo real. Ambos servem de base e permeiam as deduções apresentadas nos trabalhos sobre aquilo que os renascentistas ainda chamaram de filosofia natural.

Essa ciência das coisas reais encontra-se delimitada em *Sobre o Céu*; *Sobre a Geração e a Corrupção*; *Meteorologia* e em sua *Física* (PROENÇA ROSA, 2010). Em síntese, nesse conjunto Aristóteles trata de detalhar as formas, matéria e processos presentes na esfera que contém as estrelas e planetas; na Terra; os fenômenos atmosféricos e o movimento, respectivamente.

De acordo com Porto (2010), não é possível compreender a física aristotélica dissociada de sua metafísica e concepções cosmológicas. Temos, pois, um complexo em que sua filosofia natural (ou filosofia segunda) está profundamente integrada ao sistema filosófico com o qual esquadrihava a realidade e o mais além, em que os elementos empíricos fornecidos pela vivência humana mais imediata tinham destaque.

Como os homens não verificavam mudanças na configuração dos corpos celestes considerou o céu finito, porém imutável em sua essência e forma, divergindo do mundo próximo, ou sublunar, onde as formas são transitórias e os elementos (terra, água, ar e fogo) seus constituintes. A Terra estaria no centro de tudo e estática, uma condição necessária para garantir a justa descrição dos movimentos ordinários, principalmente os não forçados.

Todos os seres sensíveis, isto é, capazes de serem percebidos pelos sentidos, possuem, segundo ele, matéria e forma. Estes mesmos seres, presentes em nosso mundo abaixo do céu, mudavam a todo instante e essa mudança se dava por meio do movimento. O conceito de uma diversidade fundamental de quatro elementos ajudaria a explicar alguns dos movimentos observáveis. A matéria definida por esses elementos buscava seus lugares naturais, sendo os compostos de terra destinados às camadas mais inferiores de seu modelo de esferas, e os mais leves, constituídos por fogo, levados ao céu (BRAGA & REIS, 2005).

Proença Rosa (2010) explica que o movimento no sistema elaborado por Aristóteles não se restringia a meros deslocamentos, tendo um significado mais profundo, estendendo-se à própria mudança pela qual os seres transmutavam sua forma em busca da imobilidade natural nas quatro esferas sublunares dos elementos:

(...) com base nessa concepção dos componentes fundamentais – os elementos – da matéria, e no lugar natural desses elementos, considerava que as transformações da matéria seriam mudanças de movimentos, que podiam ser de substância, de quantidade, de qualidade e de posição ou local. (PROENÇA ROSA, 2010, p. 172).

O movimento é amplamente discutido por Aristóteles em sua Física (*Physis*). Não só a questão do lançamento de projéteis e a manutenção forçada dos movimentos – já que os corpos tendem a imobilidade, mas a questão de que representam mudanças (*kinêsis*) pelas quais os seres passam da “potência” (aquilo que podem vir a ser) para o “ato” (o que são na realidade). Ele classifica as mudanças

em modalidades e estabelece causas para essas transmutações (BRAGA & REIS, 2005). Essa causalidade é também característica marcante na filosofia natural de Aristóteles. Baseando-se nela, por exemplo, negava a possibilidade de deslocamentos que se mantivessem sem agente externo o que, futuramente, seria atacado por Descartes, Galileu e, finalmente, Newton em seu princípio da inércia.

Assim, a filosofia natural de Aristóteles foi considerada o ápice do conhecimento humano sobre a natureza por cerca de dezoito séculos até que, resgatada no Renascimento, sofresse o duro golpe da experimentação e da matemática. De acordo com Proença Rosa (2010):

A Física, na tradição aristotélica, (...) baseava-se no raciocínio lógico, no bom senso e nos sentidos, sem submissão de suas teorias à verificação experimental sistemática. Dependente da simples observação da Natureza, sem a quantificação matemática, esse chamado método qualitativo prevaleceria até Galileu, no final do século XVI. (PROENÇA ROSA, 2010, p. 171).

### **2.1.2. Ciência Moderna**

A Idade Média (séculos V à XV) não deve ser referenciada como um período de barbárie, ignorância e total retrocesso para a ciência, tal como adverte Comellas (COMELLAS, 2007, p.50), mas se caracteriza por uma “falta de interesse” pelas ciências, sobretudo em função da grande influência clerical no ocidente. Comparando o desenvolvimento dos saberes sobre o mundo e os fenômenos naturais desta época com a revolução que surgiria a partir do século XVI, de fato encontramos uma enorme desproporção. Entretanto, ocorrências significativas prepararam o terreno para a nova percepção humana sobre a natureza e o surgimento das ciências modernas.

Há de se destacar a fundação das primeiras universidades (já por volta do século XII), importantes locais para o aprendizado e desenvolvimento da matemática e astronomia, entre outros saberes.

A forma metódica com que Galileu (1564 - 1642) trabalhava, repetindo os experimentos várias vezes e depois outras tantas com pequenas variações e incrementos, anotando os resultados obtidos e dando-lhes uma abordagem quantitativa é considerada como precursora do método científico (daí a alcunha de “pai da Ciência Moderna”). Seus argumentos para explicar os fenômenos eram

baseados não somente na observação e análise dos mesmos, mas em uma profunda investigação que usava a matemática como importante aliada em sua busca por evidências (JORGE NETO et al., 2008).

Descartes (1596 - 1650) via na matemática, assim como Galileu, uma poderosa ferramenta para interpretar a Criação. A clareza e objetividade dos resultados matemáticos, principalmente os obtidos através da álgebra, encantaram Descartes. Logo ele mostrou que seria possível utilizar a álgebra em interpretações antes impensadas. Os textos gregos sempre tiveram grande prestígio principalmente em função do sucesso das aplicações de sua geometria. No início do século XVII a geometria ainda despontava como a maior contribuição da matemática o que, por outro lado, eclipsava o desenvolvimento de outros aspectos dessa ciência se estes não se mostrassem tão ricos em resultados práticos. Uma abordagem filosófico-matemática da Natureza, como proposta anteriormente por Galileu, não poderia se popularizar enquanto não alcançasse os mesmos méritos que a geometria clássica. Esse era um grande desafio, uma vez que a geometria grega havia se consolidado após séculos e ainda se mostrava eficiente. É fácil imaginar o assombro e incredulidade daqueles que testemunharam como Descartes mostrava que a álgebra podia não somente auxiliar a geometria em suas representações como dotar a mesma de grande agilidade. Desde então problemas que antes conheciam solução apenas por meio de complicadas representações geométricas, mostravam-se agora também facilmente dedutíveis por meio de relações entre algarismos e letras. Por essa pequena revolução matemática, Descartes já teria garantido seu nome na história, mas seus objetivos eram muito mais audaciosos.

Ansioso por uma interpretação mais racional da Natureza, o próprio Descartes começou a tecer suas conclusões. Em seu livro *Princípios de filosofia*, de 1644, ele afirma que “não há entidades ocultas na Criação” e, prezando a objetividade, ele descreve um Universo baseado em apenas dois princípios relevantes: o espaço e o movimento. A matéria, segundo ele, seria equivalente ao tamanho que ela ocupa (um equívoco que não explica, por exemplo, como dois corpos com a mesma forma geométrica podem ter pesos diferentes). O Universo de Descartes seria composto por um conjunto contínuo de vórtices (espécie de redemoinhos) de matéria em constante movimento de rotação (WHITTAKER, 1974).

Nessa concepção os astros teriam se formado pela ‘condensação da matéria enquanto ela descrevia esse tipo de movimento (as maiores partículas formaram a Terra, as de tamanho médio constituem o ar e as menores, no centro dos vórtices, nos dão o fogo). A matéria ao se aglomerar e formar os diversos astros não deixava espaços permanentemente vazios, pelo contrário, outras partículas eram logo arrastadas para preencher essas lacunas. Dessa forma, não teríamos que lidar com os “inconvenientes” conceitos de vácuo e ação à distância (todos os fenômenos poderiam ser explicados por meio de interações mecânicas entre diferentes porções de matéria condensada ou rarefeita). Essas interações precisam também ser claras e simples (conforme era exigido pela filosofia cartesiana), o que o levou a enunciar algumas “leis” para o movimento que viriam, mais tarde, a influenciar o trabalho de Isaac Newton (1643 -1727).

Em 1687, com o auxílio financeiro de seu amigo e incentivador Edmund Halley, Isaac Newton publicou aquele que se seria o maior clássico da literatura científica: Os princípios matemáticos da filosofia natural, ou “*Principia*”. Em seus três volumes ele apresentou suas descobertas acerca das leis do movimento e suas conclusões sobre a gravitação, agora uma força de caráter universal (responsável por atrair a maçã para o solo e por todas as órbitas celestes). De imediato seu trabalho foi impactante. Houve críticas e alguma rejeição por parte daqueles que não entendiam plenamente suas novas propostas (pela ousadia de suas ideias, ou pelos argumentos matemáticos envolvidos). Entretanto, Newton foi muito aclamado nas academias científicas e encarado como um visionário, mesmo fora dessas confrarias. Podemos dizer, sem reduzir o brilhantismo de Newton, que os *Principia* representaram a culminância da forma de entender o Universo iniciada por Copérnico, da busca por leis naturais como demonstrara Kepler, da abordagem empírico-matemática proposta por Galileu e da aplicação da análise racional dos fenômenos imposta por Descartes. Ele próprio assumiu ter se inspirado em todas essas fontes e noutras, como vemos em sua célebre frase: “se enxerguei mais longe, foi por ter subido nos ombros de gigantes”.

Para ter uma ideia da importância de Newton para o desenvolvimento da ciência, é possível compará-lo a Aristóteles e sua influência sobre a filosofia natural na antiguidade (considerando, contudo, que se tratam de duas formas

radicalmente distintas de fazer científico). Ainda hoje a mecânica newtoniana tem fortes aplicações em nossa vida diária.

A Física então ascende, na modernidade, como o modelo de ciência mais eficiente, o paradigma a ser seguido. Em paralelo, outras ciências naturais foram se delineando tendo por base o modelo assumido pela Física.

### 2.1.3. Ciência Contemporânea

A ciência moderna, seguindo a filosofia cartesiana, subjacente à mecânica newtoniana, estabelece-se então sobre três princípios básicos:

- Racionalismo: os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente.
- Determinismo: os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito.
- Compartimentalização: o Universo funciona como um relógio, que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas partes.

Tais ideias espalharam-se pela Europa nos séculos XVII e XVIII. A Ciência, como um todo, assentou-se sobre essas bases, firmando-se nos três preceitos acima, tanto filosófica quanto metodologicamente.

As ciências naturais em meados do século XIX passam a representar um risco para o pensamento determinista-racional de Descartes e Newton. A sociedade ainda colhia os frutos da tecnologia oriunda da ciência newtoniana. Maxwell havia acabado de formular as leis básicas do eletromagnetismo, utilizando equações lineares e determinísticas<sup>3</sup>. Desenvolvimentos na engenharia tornariam realidade o telégrafo, o telefone, a locomotiva e barcos a vapor, o automóvel, a lâmpada elétrica e inúmeros outros confortos da vida contemporânea. Tudo parecia funcionar perfeitamente, como o relógio mecânico de Descartes, onde cada parte tinha uma função racional. Mas dois grandes nomes da ciência vieram a introduzir um elemento em suas teorias que frontalmente contrapunham as ideias cartesianas. Trata-se de Charles Darwin e Ludwig Boltzmann.

---

<sup>3</sup> Equações que envolvem como funções matemáticas os campos elétrico e magnético elevados à primeira potência.

Um dos elementos fundamentais de ambas as teorias é a aleatoriedade. Darwin a introduz em sua teoria para explicar as mudanças genéticas que tornariam uma ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado meio ambiente. Já Boltzmann, inspirado nos trabalhos de Maxwell sobre as velocidades moleculares, introduz definitivamente a probabilidade como ingrediente fundamental para a descrição termodinâmica da natureza. Ambas as teorias são consideradas válidas até hoje, mas, do ponto de vista filosófico, elas “não se encaixam” com o modelo determinista formulado por Descartes e Newton. Particularmente, a teoria de Boltzmann, que introduz na ciência a irreversibilidade de alguns fenômenos naturais, ou seja, o fato de que as coisas se degeneram com o tempo, podendo atingir tal estado de degradação, que não mais conteriam informações do passado, algo que frontalmente se contrapõe com a dinâmica Newtoniana, visto que suas leis preveem que sempre é possível se conhecer o passado a partir do presente<sup>4</sup>.

Contudo, foi no início do século XX que os três preceitos cartesianos (racionalismo, determinismo e compartimentalização) foram frontal e definitivamente contrapostos pela ciência, com o advento da Mecânica Quântica, a área do conhecimento humano destinada a estudar o mundo microscópico.

A Mecânica Quântica surgiu em função de três resultados experimentais que a ciência clássica (desenvolvida sobre os patamares da filosofia cartesiano-newtoniana) não podia explicar: o espectro de radiação dos corpos aquecidos, o efeito fotoelétrico e o efeito Compton. Tais efeitos somente puderam ser explicados admitindo-se que a radiação eletromagnética, antes tida como contínua, fosse constituída por “pacotes de energia”, ou “quantum”, ou seja, fosse discreta.

Nas duas primeiras décadas do século XX, descobriu-se que o que era antes tido como partículas constituintes da matéria também apresentam propriedades ondulatórias<sup>5</sup>. Assim sendo, a Teoria Quântica estabeleceu que tanto a matéria quanto a radiação tem natureza dual: são tanto ondas quanto partículas.

---

<sup>4</sup> Cabe destacar que os conceitos de entropia física e entropia de informação são diferentes e a relação entre ambos ainda é não clara para a ciência, contudo, assume-se que para sistemas abertos irreversíveis e com grande entropia, quanto maior a entropia física, menor a quantidade de informação (ver Nicoli e Nicoli, 2012, Cap. 4).

<sup>5</sup> Tal descoberta contou com a colaboração de vários cientistas, dentre eles J. J. Thomson, que em 1897 descobriu o elétron como partícula e Thomson filho (George Paget Thomson), que o descobriu como onda em 1927. Contudo, a formulação teórica da dualidade da matéria se deu com De Broglie

Tal preceito quebrou a maneira de pensar que havia se sedimentado nos séculos anteriores. Em contraposição, o Princípio da Dualidade Onda-Partícula da Mecânica Quântica estabeleceu que a natureza da matéria e da radiação não pode ser compreendida de maneira desvinculada de como interagimos com ela.

#### **2.1.4. Em direção à Complexidade**

Alguns desafios contemporâneos como as mudanças climáticas, a variabilidade do comportamento da economia, o funcionamento do sistema imunológico, a plasticidade cerebral e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados através de uma nova proposta: a Teoria dos Sistemas Complexos ou simplesmente, Teoria da Complexidade (PAULO et al. , 2012).

A Teoria da Complexidade tem seu marco inicial no final do século passado, a maioria dos estudos data do final da década de 70, mas se consolida como ciência com Ilya Prigogine, prêmio Nobel de Química de 1977, que emprega o termo “Complexidade”, como científico. Prigogine estabeleceu os princípios gerais dos sistemas complexos, fora do equilíbrio (WALDROP, 1992).

Para Ilya Prigogine e Grégoire Nicolis (1998), a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria manifestação da vida. Logo, a busca de soluções para os desafios que ora se apresentam requer uma abordagem que necessariamente passa pelas intrincadas relações pertinentes à vida.

“Complexidade é uma ideia que parte de nossa experiência cotidiana. Nós a encontramos em diversos contextos ao longo de nossas vidas, mas mais comumente temos a sensação de que a complexidade é de alguma forma relacionada com as diversas manifestações da vida.” (NICOLIS e PRIGOGINE, 1998, p.6).

Parte-se da premissa de que os sistemas complexos têm a ver com a vida. Assim, estudá-los remete à compreensão de como a vida surge e se mantém.

Do ponto de vista da Teoria da Complexidade, a formação e manutenção (ou estabilidade) de estruturas é oriunda de interações e processos auto-organizantes geralmente descritos por regras simples, recursivamente. Em outras palavras, a

---

em 1924, sendo que a confirmação experimental foi obtida em 1927 com o experimento de difração de elétrons (ver Chesman et al., 2004, p. 151).

complexidade vista no mundo é resultado de uma simplicidade fundamental – sistemas abertos são simples, criativos e geram padrões complexos.

A caracterização dos sistemas complexos, enquanto objetos de estudo da Teoria da Complexidade ainda passa por um processo de construção. Como a vida é sempre cheia de meandros e surpresas, talvez jamais se consiga uma descrição completa e plenamente satisfatória. Contudo, seguramente, pode-se considerar três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento. Segundo Moysés Nussenzveig (2008), em seu livro *Complexidade e Caos*, os sistemas complexos também apresentam as seguintes características:

1. Dinamicidade fundamental: o sistema complexo está em constante evolução, é formado de várias unidades. São totalidades integradas cujas propriedades não podem ser reduzidas às partes menores, são intrínsecas mas só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. No corpo humano existem trilhões de células.

2. Interatividade: um sistema complexo opera como uma rede fechada de interações, nas quais cada mudança das relações interativas entre suas partes ou componentes resultam numa mudança das relações interativas dos mesmos ou de outros componentes, isso porque cada unidade interage com seus pares e com as várias unidades do próprio sistema. Embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada. É como se o nosso organismo fosse uma imensa sociedade de células, que cooperam entre si, de maneira que juntas garantam a execução das inúmeras tarefas responsáveis pela manutenção da vida.

3. Aberto: interage com o meio ambiente, se sustentando por um contínuo fluxo de energia e matéria, extraídas do seu entorno, para continuar existindo.

4. Frustração: leva-se em conta que os sinais, recebidos por seus pares, ou pelo meio ambiente, podem ser contraditórios, ou em intensidades bastante variáveis, a resposta poderá frustrar algumas entradas. Ou seja, nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema. Cada célula ou unidade produz uma resposta aos sinais que recebe das demais. Por exemplo, um neurônio, células do sistema nervoso, dispara ou não uma resposta, sendo que esta

por sua vez não guarda uma simples relação de proporcionalidade ao estímulo recebido, levando em conta que os sinais recebidos podem ser contraditórios (disparar- não disparar) a resposta será frustrada em algumas entradas, não dá para responder a todos os estímulos ao mesmo tempo. Vale lembrar, que se trata de um sistema aberto, não linear e que o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório.

5. Aprendizagem: ocorre uma vez que a arquitetura básica do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo; trata-se da capacidade de modificar sua estrutura interna a partir da matéria e energia do ambiente, criando também novos modos de comportamento num processo de desenvolvimento e evolução. Nosso organismo, como um sistema complexo, aberto, não linear, é adaptativo. Em sua constante interação com o entorno, evolui e se adapta, num processo dinâmico, mudando as características de suas interconexões, em número e intensidade em função da experiência ou memória adquirida.

6. Aleatoriedade: algumas características do sistema são distribuídas ao acaso – podem depender das flutuações do meio (não previsíveis). A natureza não lê tratados e manuais científicos ou sociais. Os recursos e as possibilidades do nosso corpo para fazer frente a uma doença como o câncer, ou qualquer outra, com frequência são subestimados ou ignorados pela ciência tradicional moderna.

7. Ordem emergente: os sistemas complexos se auto-organizam de maneira espontânea. A auto-organização pode ser considerada uma síntese das características que configuram o sistema complexo. Trata-se da emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundos do fluxo constante de energia e matéria através do sistema, que o mantém afastado do equilíbrio. Ou seja, a marca registrada da auto-organização ocorre apenas em condições fora do equilíbrio.

Há ainda que se considerar a interconexidade não linear dos componentes do sistema resultando em laços de realimentação que matematicamente são descritos por equações não lineares. Seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Não se trata apenas de um conjunto de células que por sua vez são constituídas por um conjunto de moléculas. Trata-se de uma dinâmica molecular, um processo que acontece na molécula e nas classes de moléculas que compõe as estruturas celulares, em um interjogo de interações e relações que o especificam.

Nos organismos encontramos uma rede fechada de trocas e sínteses moleculares que produzem as mesmas classes moleculares que a constituem, configurando ao mesmo tempo uma dinâmica que especifica em cada instante e seus limites e extensão. Trata-se de uma rede de produções de componentes, que resulta fechada em si mesma, porque os componentes que a produz também constituem ao gerar as próprias dinâmicas de produções que a produziu e ao determinar sua extensão como um ente circunscrito, através do qual existe um contínuo fluxo de elementos que se fazem e deixam de ser componentes segundo participam ou deixam de participar nessa rede – a autopoiese.

O ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular. Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver (MATURANA e VARELA, 1997, p.16).

8. Hierarquia: quando um sinal, ou qualquer estímulo o atinge em determinada parte é tratado em níveis diferentes dependendo do grau de interação ou importância para o sistema. Exemplo simples é um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.

9. Atratores: é uma situação ou um estado para o qual os sistemas dinâmicos tendem a se estabilizar, exibindo geometria fractal – voltaremos a falar sobre este tema;

10. Histerese: o sistema pode manter sua estabilidade por algum tempo, numa certa “paisagem”, dependendo criticamente da sua história anterior; ou seja, o sistema apresenta uma tendência de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou.

11. Propriedades coletivas emergentes: são propriedades ou características qualitativamente novas que surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades, que por sua vez competem ou cooperam entre si. No caso do ser humano, uma propriedade emergente seria a aprendizagem e outra, por exemplo, a memória.

12. Estrutura fractal: sistemas complexos são geometricamente fractais, ou seja, apresentam dimensionalidade fracionária, mas estamos acostumados a descrever o mundo a partir de formas geométricas euclidianas. Aprendemos na escola e na vida que nosso corpo e tudo o que tem altura, largura e comprimento (ou qualquer outra nomenclatura que designa três medidas lineares para descrever o objeto) é tridimensional. Assim como a descrição da medida de uma área ou superfície, é bidimensional e de uma linha é unidimensional. Contudo, nada na natureza tem dimensão absolutamente tridimensional. Cada forma naturalmente apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais (PAULO et al., 2012).

## **2.2.A EPISTEMOLOGIA E A CIÊNCIA**

Em sintonia com o que já foi exposto neste trabalho, temos a introdução à epistemologia de Larrieu (2002) lembrando-nos de como a Ciência Moderna, a partir dos séculos XVI e XVII, permitiu que víssemos, compreendêssemos e modificássemos o mundo de formas até então inéditas e revolucionárias, tendo por base uma nova metodologia de obtenção do conhecimento que se manifestava. As ciências, até então e salvo exceções, formavam parte indistinguível do pensamento filosófico. Eis que a Filosofia foi obrigada, pouco a pouco, a ver as disciplinas científicas a se afastarem de si, tornando-se cada vez mais autônomas, seguindo os êxitos da Mecânica de Newton e suas explicações sobre as origens dos movimentos, fossem celestes ou ordinários, bem como os frutos da tecnologia que modificaram drasticamente a sociedade a partir do século XIX e início do XX.

Não é de se estranhar que a Filosofia também se adaptasse, produzindo uma especialização cujo foco fosse justamente a Ciência e as formas pelas quais produzimos o conhecimento nos novos moldes que surgiram com a Modernidade (Larrieu, 2002).

Talvez o leigo não perceba a enorme, porém sutil, fronteira entre o questionamento, como exercício de nossa capacidade intelectual, e a crítica conservadora, que se conforta com o que está posto. A proposta fundamental da epistemologia, entretanto, é a de estabelecer uma reflexão proativa sobre o valor e,

principalmente, os limites do conhecimento construído pelo homem (DONCEL, 1983).

A epistemologia se apropria, etimologicamente, da alcunha equivalente à “teoria do conhecimento” (pela junção dos termos gregos primitivos *episteme*, “conhecimento”, e *logos*, “estudo”), mas há, mesmo entre os filósofos, aqueles que defendam a distinção entre epistemologia, epistemologia da ciência e filosofia da ciência, como Murcho (2004):

A ideia de que a epistemologia estuda o mesmo do que a filosofia da ciência resulta de uma confusão. Apesar de ser verdade que a filosofia da ciência se ocupa em parte da teoria do conhecimento científico — ou seja, da epistemologia da ciência — e apesar de ser verdade que a epistemologia estuda em parte o conhecimento científico, daqui não se segue que o objeto de estudo da epistemologia se esgote na epistemologia da ciência, nem se segue que o objeto de estudo da filosofia da ciência se esgote na epistemologia da ciência. (MURCHO, 2004)

Segundo Sousa et al. (2004), a epistemologia é a disciplina que estuda como construímos o conhecimento ou como sabemos o que cremos que sabemos. Seus objetivos específicos são muitos e, em sua maioria, favoráveis ao conhecimento formal elaborado pela Ciência: como os pesquisadores utilizam-se dos paradigmas vigentes para construir observações e teorias? Como as teorias se relacionam? Essas mesmas teorias possuem coerência interna? Quais os níveis de confiabilidade dos construtos (o problema da certeza e da crença) e como se articula a atividade mental no desenvolvimento da ciência (pensamento, linguagem, inferência, raciocínio, uso de preconceitos ocultos e *a priori*)?

Mesmo que os operários da ciência, os ditos (ou não) cientistas abstenham-se dessas reflexões, a Ciência, enquanto conjunto ordenado do saber, conhecimento metodologicamente construído, encontra na epistemologia o olhar que a desmistifica, afastando-a de concepções equivocadas como a crença na infalibilidade e no caráter definitivo de seus conceitos e teorias (Larrieu, 2002).

A construção do conhecimento, em especial a forma como as ciências e seus conteúdos se estruturam, não é linear. Dos Santos e dos Santos (2004) lembram-nos que as ciências nascem e evoluem sob circunstâncias históricas, cabendo à epistemologia questionar as relações entre ciência e sociedade, entre ciência e as instituições científicas, bem como entre as próprias ciências.

O olhar epistemológico, sobretudo diante da produção científica, consiste em situa-la no foco do questionamento e da crítica não como fim em si mesma, mas através deste, viabilizando caminhos que possibilitem melhor reflexão e compreensão sobre o que se produz, como se produz e para quê se produz (LIMA, 2011).

Distante da especulação infundada, Sousa et al. (2004) destacam exemplo recente, a respeito de editorial da *Canadian Medical Association Journal* - CMAJ (HOEY, 2002), no qual se destaca a necessidade da utilização de marcos teóricos mais claros para a construção de questões de pesquisa pertinentes. Reiteram que, hoje em dia, pesquisadores que se fundamentam em dados demográficos (como epidemiologistas) estão inclinados a identificar a utilidade da análise epistemológica de seus dados através de modelos com desenhos mais complexos, que combinem métodos quantitativos e qualitativos.

Stephen Toulmin, físico, matemático e filósofo cujo trabalho apresenta contribuições significativas para esta pesquisa afirma, em entrevista para Olson (1983), que a Filosofia, em especial a Epistemologia da Ciência, pode contribuir de forma real para a compreensão humana quando se aproxima de problemas que carecem de reflexão: "Eu acho que os filósofos costumam fazer o seu melhor trabalho quando eles voltam suas habilidades para ajudar a cavar vinhas de outras pessoas... limpando o mato que fica no caminho do entendimento".

A seguir, apresentamos elementos da epistemologia de Toulmin que podem clarificar os resultados desta pesquisa.

### **2.2.1. A Epistemologia de Stephen Toulmin**

Em 1972 Stephen Toulmin publica sua obra *Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts* em que analisa o desenvolvimento da ciência a partir da mudança conceitual. Critica a famosa proposta de Thomas Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions*, publicada em 1962, na qual a ciência se modificaria por processos revolucionários nos quais paradigmas mutuamente excludentes competem até que um suplante o outro. Ao invés disso, revisita a teoria evolucionista de Darwin por entender que o modelo teórico de variação e seleção

natural em populações é uma forma mais geral de explicação histórica. Por meio dessa hipótese, reinterpreta o conceito de racionalidade e busca responder a questões fundamentais sobre a compreensão humana, a estrutura sócio-histórica do conhecimento e o progresso científico.

Para Toulmin, uma análise sobre o conhecimento e sua construção passa pela interpretação do papel dos conceitos frente às pretensões explicativas dos homens, ou seja, no contexto da compreensão humana (HENAO et al., 2011). Segundo ele, os conceitos são os instrumentos fundamentais através dos quais se obtém e se expressa a compreensão humana (MOREIRA e PAULO, 2010).

Para compreender o que são os conceitos e que papel desempenham em nossa vida devemos considerar a relação central entre nossos pensamentos e crenças que são pessoais ou individuais, e nossa herança linguística e conceitual que é coletiva (TOULMIN, 1977).

Neste ponto, Toulmin assume que os conceitos, os “átomos do conhecimento” segundo Massoni (2005), são elementos que surgem de uma interação sócio-histórica específica, que acessamos a partir de um sistema coletivo: a linguagem.

Moreira e Paulo (2010) trazem nova luz à questão, explicando que “(...) enquanto indivíduos, somos responsáveis por aquilo em que cremos, mas a linguagem em que se articulam nossas crenças é propriedade pública”.

Esses elementos complexos, os conceitos, apresentam, segundo Toulmin, três aspectos ou elementos de aplicação que se dividem em simbólicos (a linguagem e as técnicas de representação) e práticos (procedimentos de aplicação do conhecimento).

Tanto a linguagem quanto as técnicas de representação compõem os aspectos simbólicos da utilização dos conceitos, o ato de “explicar”, restando ainda o reconhecimento das situações às quais são apropriadas tais atividades simbólicas, o que corresponde aos procedimentos de aplicação do conhecimento, o “contexto” (CHAMIZO GUERRERO, 2007; MOREIRA e PAULO, 2010; HENAO et al., 2011).

Sobre o referido contexto, ele não se preocupa com classificações proposicionais de verdade ou falsidade, mas em quais condições os conceitos em questão são válidos (e com que grau de generalidade) quanto aos fins explicativos aos quais se destinam. O convite de Toulmin, segundo Henao et al. (2010), é o de

pensar sobre as condições ou situações nas quais é aplicável um procedimento ou técnica explicativa.

Toulmin compreende que teorias são visões de mundo, cada uma com sua própria linguagem. Dessa forma, ao se adotar novas teorias, adotam-se também novas linguagens, mesmo que ambas compartilhem termos comuns. Henao et al. (2011) enxergam nessa abordagem um posicionamento do autor contrário à busca de uma linguagem universal, tarefa que supõe vã, por incorrer no sacrifício das especificidades de cada abordagem teórica ou mesmo dos diferentes âmbitos que compõem seus objetos de estudo.

As técnicas de representação correspondem aos modelos pelos quais estabelecemos as ligações entre as teorias e o mundo. Compreendem mas não se resumem aos formalismos matemáticos, incluindo também gráficos e diagramas, árvores taxonômicas e classificações, programas computacionais e outros (HENAO et al., 2011).

Assim, os aspectos simbólicos, que constituem o ato de explicar por meio da linguagem e aplicação de modelos em contextos pertinentes, são uma das formas pelas quais fazemos públicos os nossos pensamentos, resultando no processo de enculturação.

Esse processo, pelo qual, supõe Toulmin, nossa herança conceitual, isto é, o repertório de técnicas, procedimentos, habilidades intelectuais e métodos de representação que tiveram êxito ao explicar fenômenos, se transfere, com ou sem modificação, de uma geração para outra, pode ocorrer tanto por meio de instrução ou educação formal quanto por imitação ou interação social (MOREIRA e PAULO, 2010).

Massoni (2005) em sua leitura de Tolmin (1977) conclui que, à semelhança da autoridade exercida sobre as pessoas pelas regras e costumes morais, leis e instituições coletivas, os conceitos também exercem autoridade intelectual sobre os indivíduos. Da mesma forma como o exercício de direitos individuais pressupõe a existência da sociedade, a articulação de pensamentos individuais pressupõe a existência da linguagem dentro do marco de conceitos compartilhados.

O próprio Toulmin (1977) exemplifica:

As inovações conceituais do físico individual (por exemplo) são julgadas em relação às ideias comuns que compartilha com o restante dos seus

colegas; e pensa criativamente quando dá a sua contribuição para a melhoria desta física coletiva (TOULMIN, 1977).

Em síntese: indivíduo herda os conceitos no contexto social e ao mesmo tempo se torna individualmente seu usuário. (MASSONI, 2005)

A compreensão coletiva se dá mediante êxitos intelectuais dos indivíduos; a compreensão do indivíduo aplica conceitos tomados de um acervo comum ou modifica-os de maneira que representam melhoras potenciais desse acervo. Assim, o autorretrato epistêmico que devemos construir nessas indagações deve trazer antes de tudo dois pontos de vista distintos, em duas dimensões separadas – uma individual, outra coletiva (TOULMIN, 1977).

Como destacam Henao et al. (2011), Toulmin, ao reconhecer o caráter público e cultural dos conceitos, reclama um lugar prioritário para a linguagem na construção do conhecimento, afastando-se de outras posturas epistemológicas, que consideram a tarefa dos cientistas como sendo a de descobrir de fato o que acontece no mundo; assim como a daqueles que consideram que a dita tarefa se resume a reordenar e melhorar os formalismos pelos quais se descrevem os fenômenos.

Sua análise epistemológica percebe a construção do conhecimento como evento sociocultural, implicando em uma trama de relações que denomina ecologia intelectual; espécie de rede formada pelas populações conceituais. Esses conjuntos, ainda que diversos e mutáveis, dão identidade às disciplinas intelectuais (HENAÑO et al., 2011).

Assim, segundo Ariza e Harres (1999), ele abandona a suposição de que o conhecimento se organiza em sistemas proposicionais estáticos e passa a reconhecer que as ideias de qualquer tipo constituem populações conceituais em desenvolvimento histórico tanto no plano coletivo como individual. O aspecto racional das atividades intelectuais não estaria associado com a coerência interna dos conceitos e crenças habituais de um indivíduo, mas com a maneira com que cada pessoa é capaz de modificar sua posição intelectual frente a experiências novas e imprevistas.

Ariza e Harres (1999), assim como, Moreira e Paulo (2010) optam, em suas discussões sobre o modelo epistemológico de Toulmin, por realçar a visão desse filósofo sobre como o conhecimento humano se estrutura. Nas palavras de Toulmin:

Dentro de uma cultura e de uma época particular, as atividades intelectuais dos homens não formam uma gama contínua desordenada. Ao contrário, caem em “disciplinas” mais ou menos bem definidas,

caracterizadas cada uma delas por seu próprio corpo de conceitos, métodos e objetivos fundamentais. (TOULMIN, 1977)

Conforme pontua Chamizo Guerrero (2007), na perspectiva toulminiana a Ciência aparece como uma das diferentes disciplinas intelectuais que as sociedades humanas têm construído ao longo de sua própria história. As disciplinas científicas contêm populações de conceitos que não formam sistemas estruturados por relações lógicas formais, mas que são logicamente independentes, apresentando cada um história, estrutura e implicações próprias.

Segundo Moreira e Paulo (2010), Toulmin tenta esclarecer que os diferentes conceitos e teorias são introduzidos em uma ciência de forma independente, em momentos diferentes e com propósitos distintos. Se sobreviveram até hoje, talvez seja porque ainda servem às suas funções intelectuais originais ou porque adquiriram desde então outras funções distintas; (MOREIRA e PAULO, )

Toulmin, ao mesmo tempo em que caracteriza as disciplinas científicas trata de diferencia-las de outras disciplinas intelectuais, revisitando, por exemplo, o contraste entre ciência e tecnologia:

O elemento fundamental de uma disciplina coletiva é o reconhecimento de um objetivo ou ideal sobre o qual existe suficiente acordo e em termos do qual é possível identificar os problemas comuns principais. Quando esse objetivo comum é de caráter explicativo, a disciplina é científica (...); Por contraste, (...) os ideais coletivos que governam o desenvolvimento tecnológico não são explicativos, nem em intenções nem em efeitos. Ao contrário, são práticos, por estar dirigidos a melhorar as técnicas para produzir e distribuir materiais, veículos, meios de comunicação, informação etc. Correspondentemente, a transmissão de uma técnica em desenvolvimento histórico compreende não uma população modificável de conceitos, mas uma população modificável de receitas e esquemas, técnicas e processos de fabricação e outros procedimentos práticos (TOULMIN, 1977).

O foco para os que estão desempenhando papéis no desenvolvimento das disciplinas científicas é, então, segundo Toulmin, de caráter explicativo. Deve-se prestar atenção aos fatos empíricos, mas não apenas a título informativo ou para estabelecer generalizações a partir destes, a meta deve ser a de construir melhores representações, melhores nomenclaturas e procedimentos explicativos que deem conta dos aspectos importantes da natureza, permitindo-nos discernir com maior precisão em que condições e com que grau de exatidão as representações resultantes podem ser aplicadas às explicações do mundo. (TOULMIN, 1977).

Considerando as diferentes disciplinas científicas, qual deve ser o critério que demarca a fronteira entre elas? Para Toulmin essa demarcação é sutil e, por vezes, empobrece os ideais explicativos. O importante são os problemas e as questões que estes geram. A esse respeito, Chamizo e Izquierdo (2005) identificam em Toulmin (1977):

Se distinguimos as ciências umas das outras por seus respectivos domínios, ainda esses domínios devem ser identificados, não pelos tipos de objetos de que tratam, mas pelas questões que levantam sobre eles. Qualquer tipo particular de objeto cairá no domínio (por exemplo) da bioquímica apenas na medida em que seja um tema de questões correspondentemente bioquímicas; o mesmo objeto cairá dentro do domínio de várias ciências diferentes de acordo com as questões que se proponham a respeito dele. (TOULMIN, 1977 apud CHAMIZO e IZQUIERDO, 2005).

Quanto aos problemas, Toulmin (1977) os define através de uma relação que expressa a diferença entre aquilo que uma comunidade ou indivíduo aspira compreender, ou seja, seus ideais explicativos, e a capacidade vigente dessa comunidade ou indivíduo em atingir esse objetivo (capacidades correntes), isto é: problemas = ideais explicativos – capacidades correntes. A respeito dessa relação, Massoni (2005) esclarece que os problemas surgem quando nossas ideias sobre o mundo estão em conflito com a natureza (com a experiência) ou entre si, ou seja, quando nossas ideias ficam atrás de nossos ideais explicativos.

Então, as disciplinas científicas, na perspectiva toulminiana, são entendidas como empreendimentos racionais em desenvolvimento histórico, dedicadas a melhorar nossas explicações dos fenômenos e obrigadas à sua própria transformação, por autocrítica, ao invés de um sistema de proposições logicamente estruturado. (MASSONI, 2005).

Toulmin estabelece, a partir de elementos da teoria evolutiva de Darwin (1859), um modelo que explica a mudança conceitual como processo evolutivo, contemplando as variações históricas e a perpetuação seletiva a que estão sujeitos as populações de conceitos. Massoni (2005) ilustra a analogia inicial entre disciplinas intelectuais e espécies orgânicas e entre as populações de conceitos e de organismos (figura 1).

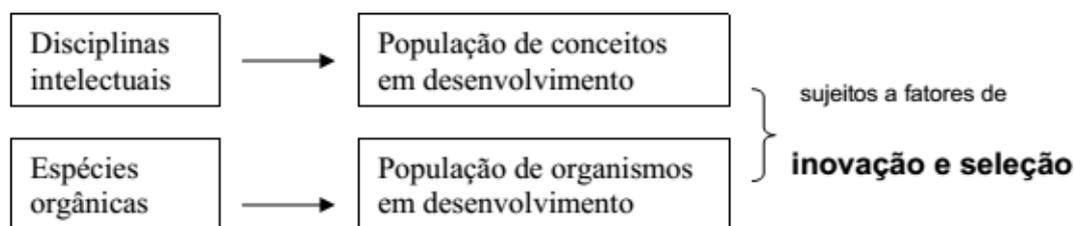


Figura 1 - Analogia entre os elementos evolutivos essenciais na epistemologia de Toulmin e a teoria Darwiniana (fonte: Massoni, 2005).

Segundo Porlán (1989) apud Ariza e Harres (1999), para Toulmin os modelos populacionais orgânicos e conceituais são ambos casos particulares de um mesmo padrão de desenvolvimento. Assim sendo, a adaptação da proposta darwiniana poderia explicar tanto a relativa continuidade das disciplinas intelectuais (os análogos das espécies orgânicas) quanto as mudanças conceituais a que estão sujeitas as populações de conceitos em seu desenvolvimento histórico (ARIZA e HARRES, 1999).

Massoni (2005), por sua vez, ressalta que o desenvolvimento histórico das disciplinas científicas pressupõe a existência de uma população de conceitos bem estabelecidos e que, sobre essa base, a discussão de problemas-alvo não resolvidos, evidencia oportunidades para a introdução de inovações conceituais.

O entendimento de como Toulmin distingue os conteúdos que compõem as disciplinas científicas é, na opinião de Doncel (1983), passo necessário que antecede a discussão da mudança conceitual na perspectiva evolutiva toulminiana.

Propondo três níveis de conteúdos, Toulmin percebe que as hipóteses, teorias e princípios concretos de uma disciplina científica assumem uma configuração mais externa uma vez que mudanças nessas proposições não implica em modificação radical da disciplina, em outras palavras, o quadro conceitual permanece praticamente intacto.

A conceitualização corresponderia ao nível subsequente, mais profundo. Modificações neste nível são também mais profundas. Lembrando da tríade complexa que caracteriza os conceitos, quando o nível em que estes estão estruturalmente alocados dentro da disciplina se altera, modificam-se a linguagem, as técnicas de representação (modelos) e os procedimentos de aplicação empírica (contextos). Tais modificações corresponderiam, portanto, a uma mudança de

paradigma semelhante, em termos, ao que Kuhn propõe em suas revoluções científicas.

Um terceiro nível, o mais profundo, permanece, sobrevive mesmo às mudanças de conceitualização, garantindo a continuidade das disciplinas científicas. Neste nível encontram-se os “ideais explicativos” ou “ambições intelectuais” que caracterizam cada disciplina e impulsionam a correspondente atividade científica (DONCEL, 1983).

Toulmin defende que a sucessão entre velhas e novas teorias não necessariamente fragmenta uma disciplina científica, pois essas diferentes noções teóricas compartilham uma base comum mais profunda, formada pelos elementos que definem o debate característico de uma dada disciplina, ou seja, as ambições intelectuais coletivas e seus métodos racionais, seus procedimentos de seleção e critérios de adequação. Considerando essa continuidade nas ciências, Massoni (2005) resgata o seguinte exemplo:

Newton, Kant e Einstein talvez tenham organizado suas explicações respectivas em torno de diferentes princípios teóricos, mas, sem dúvida, a física em seu conjunto se desenvolveu de maneira contínua no período que vai de 1680 a 1910. Quer dizer, os três participaram num único e contínuo debate racional... (MASSONI, 2005).

A teoria evolucionista de Toulmin é aplicada, portanto, ao segundo nível estrutural das disciplinas científicas, a conceitualização. Neste ponto, Doncel (1983) sistematiza a proposta de Toulmin em quatro teses:

- I. O modelo darwiniano explica tanto a continuidade como a mudança das disciplinas-espécies. Assume assim o caráter de realidades históricas dessas entidades;
- II. A continuidade e a variação explicam-se pelo mesmo processo dual de “variação ao acaso” e “perpetuação seletiva”. A rigorosa seleção crítico-natural elimina a maior parte das variações, por mostrarem-se desvantajosas, ao mesmo tempo, permite que umas poucas inovações vantajosas sobrevivam e sejam transmitidas às gerações seguintes, garantindo a continuidade da disciplina-espécie;
- III. Uma variação autentica exige três condições: “abundância de inovações” ou variantes conceituais transmissíveis, “pressão seletiva” que

estabeleça o contraste às vantagens e “foro de competência” adequado à sobrevivência e imposição das inovações vantajosas;

IV. Sob os conceitos de “seleção” e “vantagem” encontra-se a ideia de uma verdadeira escolha razoável. São escolhidas as inovações que melhor se “adaptam” às “exigências” do “nicho ecológico” ou meio intelectual local (DONCEL, 1983).

Ariza e Harres (1999) reinterpretem em seu texto vários dos elementos citados anteriormente:

Em qualquer momento, sempre existe quantidade suficiente de pessoas criativas e curiosas para manter um contínuo de inovações ou variantes conceituais que entram em competição intelectual com outras já estabelecidas e aceitas. Algumas variantes serão eleitas para sua incorporação e outras, a maioria, serão descartadas ou ignoradas segundo satisfaçam com mais ou menos vantagem as variantes conceituais pré-existentes, a juízo dos foros de competição intelectual das exigências específicas do meio intelectual local. Estas exigências referiam-se à solução dos problemas teóricos ou práticos específicos de cada população conceitual (ARIZA e HARRES, 1999).

Chamizo Guerrero (2007) chama a atenção para a forma como as razões práticas surgidas nos “foros de competência” ou, como ele se refere, o “entorno”, influenciam na evolução dos conceitos científicos. Preocupação semelhante é apresentada por Massoni (2005), ao lembrar que os fatores sociais, tanto quanto os intelectuais, funcionam como filtros para a mudança conceitual. Ariza e Harres (1999) evidenciam o claro posicionamento de Toulmin quanto a isso:

(...) devemos agora prestar atenção aos procedimentos de seleção usados para avaliar os méritos intelectuais de cada novo conceito, e é costume relacionar estes mesmos procedimentos com as atividades dos homens que formam, no momento, o grupo de referência autorizado da profissão implicada. Nesta medida, propomos que a história disciplinar ou intelectual da empresa interaciona com sua história profissional ou sociológica, e somente podemos separar a história interna das vidas dos homens que tem essas ideias ao preço de uma excessiva simplificação (TOULMIN, 1977apud ARIZA e HARRES, 1999).

O fator social evidenciado por Toulmin ressoa também em Moreira e Paulo (2010) e em Massoni (2005). Esses autores reiteram que, como em qualquer empresa humana, os indivíduos e as organizações exercem, de fato, poder e uma influência reais e, mesmo que todos os membros de uma profissão científica possam ser iguais em teoria, alguns são “mais iguais” que outros (MOREIRA e PAULO, 2010; MASSONI, 2005).

Toda ciência precisa ser entendida, então, como mais do que simplesmente uma população de conceitos e um sistema de instrumentos e procedimentos. Trata-se de uma empresa profundamente humana, colegial e histórica, como destacado por Doncel (1983) e, complementarmente, por Moreira e Paulo (2010). Seus aspectos disciplinário (ou intelectual) e institucional (ou humano) encontram-se vinculados e não devem, para o autêntico desenvolvimento científico, presumir prioridade ou subordinação de um sobre o outro. Como exposto por Toulmin (1977) em seu modelo epistemológico, as ciências são “empresas racionais” integradas, com características intelectuais e institucionais complementares.

A racionalidade defendida por Toulmin é o outro aspecto que se destaca em seu tratado sobre a compreensão humana. Sob seu entendimento, a racionalidade é distinta da logicidade. Deve estar vinculada mais à flexibilidade intelectual e a disposição para mudanças (PRÄSS, 2008).

Os homens demonstram a sua racionalidade não por ordenar seus conceitos e crenças em rígidas estruturas formais, mas em sua disposição a responder a situações novas com mente aberta, reconhecendo os feitos de seus procedimentos anteriores e superando-os (TOULMIN, 1977).

Sua interpretação, como é explicado pelo próprio Toulmin, é uma postura assumida em oposição ao contexto filosófico que encontrou na primeira metade do século XX, em que o movimento conhecido como Círculo de Viena, motivado por uma repulsa extrema à metafísica, defendia uma linguagem unificada para as ciências, pautada na lógica formal e no empirismo (OLSON, 1993).

Questões complexas, como as relacionadas aos problemas ambientais, ética médica, psiquiatria e outras, são exemplos típicos, segundo Toulmin, da necessidade uma racionalidade que seja mais uma “razoabilidade” do que a aplicação do intelecto humano à análise de proposições lógicas. A filosofia que defendia e aplicava era o que chamava de filosofia prática, como discussão de problemas morais no contexto da prática clínica da medicina.

Em uma entrevista a Olson (1993), Toulmin exemplifica seu ponto de vista acerca da nova racionalidade da seguinte forma:

(...) a questão de como a decisão de desligar o suporte vital de um paciente será tomada (e eu não gostaria de dizer que esta é uma questão “irracional” ou mesmo “não racional”), tem de ser tratada com uma imensa consciência de tudo o que está em jogo: quais são as possibilidades, o que se pode presumir que o paciente inconsciente desejaria, quais são as atitudes da família e um monte de outros fatores.

Eu estaria inclinado a dizer que esse é um bom exemplar das exigências da racionalidade, as demandas da razão dentro de novas situações em que a teoria tem um estatuto muito circunscrito (OLSON, 1977).

São as escolhas “razoáveis” a que Toulmin se refere quando pensa na execução da racionalidade nos empreendimentos intelectuais. Para ele o cientista natural faz uso de sua racionalidade quando se dispõe a revisar seus conceitos e teorias à medida que se aprofunda progressivamente na compreensão do mundo.

## **2.3. APORTE METODOLÓGICO**

### **2.3.1. A pesquisa qualitativa**

Considerando a intenção de chegar a uma interpretação dos significados que sujeitos da investigação, atribuem a suas ações e ao conhecimento construído-adquirido, a opção por uma investigação qualitativa surge de forma coerentemente natural. Os dados obtidos através da observação participativa, da presença do pesquisador no fenômeno de interesse, do levantamento e análise documental são de natureza qualitativa e portanto, devem ser analisados de maneira correspondente.

Em uma investigação qualitativa, o pesquisador busca universais concretos, alcançados através de estudo profundo de casos particulares, e da comparação desses casos com outros estudados também com profundidade. Através de uma narrativa detalhada o investigador busca credibilidade para seus modelos interpretativos. (MOREIRA, 2002, p. 27).

Recursos quantitativos podem corroborar com as conclusões obtidas através da observação, de entrevistas da análise de documentos e outros possíveis recursos utilizados para a tomada de dados ao longo da pesquisa. Portanto, pode ser interessante uma triangulação entre dados obtidos qualitativamente e quantitativamente em caráter complementar para dar maior significado e clareza nas interpretações.

Segundo Guba e Lincoln (1994) e Angulo (1995) - em Rodriguez et al., 1999, p. 34 – o paradigma qualitativo pode ser classificado em três linhas: o construtivismo social, o pós-positivismo e a teoria crítica, que possuem características bem definidas. Estes apresentam três níveis de análises que permitem estabelecer características comuns. Tratam-se do ontológico, epistemológico e metodológico.

O primeiro, ontológico, caracteriza-se por especificar qual é a forma e a natureza da realidade social e natural. Considera a realidade de forma dinâmica, global e construída em um processo de interação com ela mesma.

O segundo, epistemológico, refere-se ao estabelecimento de critérios de validade e confiabilidade do conhecimento construído. Na perspectiva epistemológica, a pesquisa qualitativa assume a linha indutiva. Baseia-se na realidade concreta e utiliza dos dados para chegar a uma teorização.

Terceiro, o metodológico, utiliza-se de multiformas de investigação em torno da realidade. Desde desenhos mais estruturados até um caráter emergente que se vai construindo à medida que a pesquisa se desenvolve.

O reconhecimento por parte dos pesquisadores da existência do relativismo nas ciências naturais influenciou também os pesquisadores das ciências sociais. Tal influência não quer dizer que as pesquisas nesse campo, e aí tanto quantitativa quanto qualitativa, não possam ser rigorosas e sistemáticas a ponto de atender os requisitos da tradição científica. Para isso se faz necessário a seleção adequada de procedimentos e instrumentos, da interpretação cuidadosa dos dados coletados, de sua organização em padrões significativos, da comunicação precisa dos resultados e conclusões e da validação destes através do diálogo com a comunidade científica para garantir a confiabilidade e aplicabilidade dos conhecimentos produzidos.

As propostas de pesquisa são breves, especulativas, sugere áreas para as quais a investigação possa ser relevante, normalmente escritas após o levantamento de alguns dados. Os dados são descritivos, dentre eles estão os documentos pessoais, fotografias, gravações em vídeo, fitas de áudio, discurso dos sujeitos, documentos oficiais, notas de campo e, até dados numéricos, dentre outros. A amostra é composta por poucos sujeitos e é quase sempre pouco significativa estatisticamente, é uma amostragem teórica.

As técnicas incluem observação participante, estudos de documentos vários, entrevista aberta, entrevista semiestruturada, notas de campo, gravações em áudio e vídeo, fotografias, questionários com questões abertas entre outros. A relação com os sujeitos: é uma relação que se estabelece na base da empatia, com ênfase na confiança mútua, na igualdade, contato intenso, o sujeito como amigo. Os instrumentos de coleta são gravadores, transcrições, filmadoras, máquinas

fotográficas, fichas, mapas, questionários escritos e frequentemente o investigador com suas notas de campo é o único instrumento.

Finalmente a análise dos dados é contínua, classificando-os por temas, conceitos, modelos, utiliza-se do método comparativo constante, utiliza-se da indução analítica. É feita com linguagem densa, detalhada, com pormenores, pois o pesquisador tem que convencer através da dialética. Os dados e respectivos resultados que surgem das análises, no método comparativo constante, são frequentemente comparados com a realidade de onde foram coletados. Neste trabalho um dos instrumentos de recolha de dados consiste em entrevistas semiestruturadas.

Sobre entrevistas, Bogdan e Biklen enfatizam que:

Em investigação qualitativa, as entrevistas podem ser utilizadas de duas formas. Podem constituir a estratégia dominante para recolha de dados ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos e outras técnicas. Em todas estas situações, a entrevista é utilizada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos do mundo (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p.134).

Em busca de informações mais específicas acerca de determinados tópicos relacionados ao tema em estudo optou-se por entrevistas guiadas ou semiestruturadas, que oferecem condições de flexibilizar a “conversa” possibilitando o investigador encorajar o sujeito a falar sobre sua área de interesse, sua história de trabalho e uma amplitude de temas que permitam levantar os tópicos de interesse. Esse tipo de entrevista é uma proposta piagetiana usada para complementar os outros instrumentos de análise e tomada de dados.

Moreira e Lang (1993, ps.12 e 13), assinalam que, neste caso, deve-se buscar as crenças espontâneas – cujas respostas são fruto de uma reflexão anterior, bem como, as liberadas – resultado de um raciocínio frente a uma solicitação, porque estas são o produto original do pensamento. Advertem ainda que este processo não é simples, sendo conveniente, submeter os materiais recolhidos a crítica rigorosa. O pesquisador deve buscar suprir suas incertezas do método aguçando sua acuidade interpretativa.

Sabemos que qualquer desses instrumentos utilizados na aplicação metodológica e na coleta de dados oferecem uma leitura interpretativa que não encerra em si uma verdade absoluta.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma das metas deste trabalho é identificar as concepções que os pesquisadores da área de física ambiental construíram sobre o seu campo de atuação, bem como compreender suas posições frente aos seus objetos de estudo, pois as concepções são reveladoras das orientações que os indivíduos dão às suas ações, assim como investigar a literatura e a produção acadêmica do PPGFA. Essas informações podem ser um importante instrumento para subsidiar o entendimento do estado da arte da área e estimular a utilização da pesquisa escolar no entendimento das Ciências Ambientais.

O levantamento de dados para essa investigação seguiu as seguintes etapas:

Em primeiro lugar foi realizada uma busca em bases de dados por referências diretas à Física Ambiental (ou “*Environmental Physics*”). O resultado dessa busca remeteu a um conjunto amplo de *keywords*;

Em segundo lugar foram realizadas entrevistas com especialistas objetivando o levantamento de conceitos e significações acerca da FA;

E finalmente foram analisadas as produções da PPGFA a fim de obter elementos que permitissem a visualização de um possível escopo de conhecimentos básicos pertinentes à Física Ambiental.

Cada uma dessas etapas será detalhada a seguir.

#### 3.1. REVISÃO DOCUMENTAL

Nesta etapa realizou-se a pesquisa em base de dados eletrônica, especificamente do tipo ferramenta online. Para além do portal de periódicos CAPES, que fomenta e dá acesso a uma extensa gama de periódicos que disponibilizam textos técnicos e científicos em formato eletrônico, há ferramentas de busca na web que mantêm listas indexadas frequentemente atualizadas destes documentos. Dentre estas, destacam-se *Web of Science* (WoS), Scopus e, mais recentemente, o Google Acadêmico (ou *Google Scholar*, no original).

Das opções, optou-se pela terceira em função dos critérios evidenciados por Melo e Yang (2007) apud Careganato (2012):

Meho e Yang (2007) argumentam que o surgimento recente de novas bases de dados de citação multidisciplinares, como a Scopus e o Google Acadêmico, desafiam a dominação da WoS e levantam dúvidas sobre sua utilização exclusiva em estudos bibliométricos, de citação e sobre comunicação científica. Adiciona-se a isso que o Google Acadêmico, diferentemente das duas bases de dados multidisciplinares (WoS e Scopus), é uma ferramenta gratuita, que permite localizar trabalhos acadêmicos de vários tipos (por exemplo, artigos de congressos, teses e dissertações, além de artigos de periódicos de acesso aberto ou pagos), em múltiplas línguas (inclusive português), disponibilizadas em repositórios na web ou sites acadêmicos, além de determinar a frequência com que foram citados em outras publicações acadêmicas (Melo e Yang, 2007 apud Caregnato, 2012)<sup>6</sup>.

Os resultados obtidos no Google Acadêmico foram analisados em conjunto com dados complementares gerados pela biblioteca online Google Books, onde são divulgados textos parciais das obras completas e outras informações que permitem caracterizar os textos, como estatísticas de frequências relativas aos termos mais recorrentes.

### 3.2. ENTREVISTAS COM OS ESPECIALISTAS

Para compor o corpo de referentes foram então entrevistados quatro (04) pesquisadores que desenvolvem trabalhos em sintonia com os temas observados na produção da PPGFA e que, em função de sua experiência profissional e acadêmica, podem ser considerados especialistas ou informantes-chaves, constituindo rica fonte de conceitos e representações para o delineamento do escopo da FA.

A análise das referências bibliográficas recorrentes na produção do PPGFA (tabelas 1) serviu de base para a busca por referentes na área, uma vez que os autores e temas mais citados funcionam como meta-indicadores das fundamentações teóricas que alicerçam as produções do programa.

**Tabela 1 - Temas e autores recorrentes na produção analisada**

Temas	Autores mais recorrentes (F ≥ 11%)
Fluxos de matéria e energia entre a Biosfera e a Atmosfera	VOURLITIS (Vourlitis et al., 2001, 2002, 2005; Priante-Filho et al., 2004)

<sup>6</sup> MEHO, L. I.; YANG, K. Impact of data sources on citation counts and rankings of LIS faculty: Web of Science versus Scopus and Google Scholar. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n.13, p. 2105–2125, 2007 apud CAREGNATO, Sonia Elisa. Google Acadêmico como ferramenta para os estudos de citações: Avaliação da Precisão das Buscas por Autor. **PontodeAcesso**, v. 5, n. 3, p. 72-86, 2012.

	BALDOCCHI (Baldocchi et al., 1981, 1988, 2001; Baldocchi e Wilson, 2001)
	VERMA (Baldocchi et al., 1981; Verma, 1990)
Sistemas fora do equilíbrio / Teoria da Complexidade	NICOLIS (Nicolis e Prigogine, 1977, 1989; Nicolis e Nicolis, 1984)
	PRIGOGINE (Nicolis e Prigogine, 1977, 1989; Prigogine, 1980)
	ABARBANEL (Abarbanel, 1993)
Ação antrópica na Amazônia e mudanças climáticas globais	NOBRE (Baldocchi et al., 1997; Nobre, 2001)

A título de codificação os especialistas entrevistados serão identificados pela codificação padrão “SUJ” acrescido de um número indicador da ordem cronológica em que ocorreu a entrevista (01, 02...) e um último caractere que lhe identifique como vinculado ao PPGFA (“I”) ou externo ao programa de pós graduação (“E”).

Os primeiros a serem entrevistados foram dois dos professores que estiveram ativamente presentes desde a fundação do próprio PPGFA.

SUJ.01.I possui graduação em *Ecology And Evolution - University Of California Santa Barbara* (1987), mestrado em *Ecology - San Diego State University* (1993) e Doutorado em *Ecology - San Diego State University* (1997). Atualmente é professor titular na *California State University, San Marcos* e encontra-se credenciado no Mestrado e Doutorado em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso. Tem larga experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de Ecossistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: medições das densidades de fluxo de energia e matéria nos ecossistemas tropicais, produtividade primária dos ecossistemas tropicais, ciclo do carbono nos ecossistemas tropicais. De acordo com a base de dados bibliográfica Scopus, já foi citado mais de 1400 vezes, tendo trabalhos publicados em periódicos de destaque internacional como a

prestigiada *Nature* (OECHTEL et al., 1993, 1994; WALKER et al., 1998). Em sua página da California State University San Marcos ele reitera seu interesse em investigar as trocas de energia e matéria na interface superfície-atmosfera, monitorando a variação de gases-traço e fluxos de energia em sítios como Alasca, Califórnia e a floresta tropical de transição no Brasil.

Os trabalhos de SUJ.01.I em colaboração com pesquisadores do PPGFA têm apresentado uma efetiva ressonância nas produções acadêmicas deste programa, destacando-se entre as referências observadas por constituir-se como uma base bibliográfica exclusivamente pautada por publicações em periódicos ao invés de livros e manuais, como os demais autores referendados na tabela 2.

Tendo orientado cerca de 11% dos trabalhos analisados, o outro referente diretamente vinculado ao PPGFA apresenta o segundo maior índice de orientações no que se refere às dissertações concluídas no programa entre 2002 e 2010. Com uma sólida e brilhante formação em Física pela Universidade Estadual de Campinas (bacharelado em 1986 e doutorado em 1991), SUJ.02.I tem diversificado seus interesses de pesquisa, atuando em temas como termocronologia, radônio e filhos, formação de professores e educação em Ciências. Foi diretor do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso no período de 2009 à 2012, além de ter participado ativamente na criação do PPGFA. Na Física Ambiental tem se destacado pelas análises das séries temporais nos dados coletados e como estas refletem as características complexas típicas dos sistemas abertos, fora do equilíbrio, promovendo assim a intersecção entre a Teoria da Complexidade e o estudo dos sistemas ambientais.

Como a FA tem estreita ligação com as ciências agrárias, buscou-se a seguir um referente não vinculado ao PPGFA mas que desenvolvesse pesquisas familiares aos temas recorrentes observados nos trabalhos analisados. Assim, foi convidado e prontificou-se a colaborar, no contexto da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na Amazônia Oriental, o SUJ.03.E.

Bacharel em Ciências Náuticas pelo Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar (1993), o professor SUJ.03.E possui graduação em Agronomia pela

Universidade Federal Rural da Amazônia (1999), tornou-se Mestre em Ciências Geoambientais pela *Vrije Universiteit Amsterdam* (2004), e Doutor pela *Vrije Universiteit Amsterdam* (2009). Possui experiência na área de geociências, com ênfase em micrometeorologia de florestas tropicais e secundárias, atuando principalmente em micrometeorologia de florestas primária e secundária, cultivos agrícolas na Amazônia central e oriental, radiação, particionamento da precipitação, trocas gasosas de CO<sub>2</sub> e vapor d'água na interface biosfera-atmosfera, isótopos estáveis do carbono, transporte lateral de CO<sub>2</sub> em floresta tropical, armazenamento e trocas de carbono em floresta tropical. A base Scopus registra mais de 430 citações a seus trabalhos.

Pode-se dizer que a envergadura acadêmica do quarto e último pesquisador convidado tem representatividade decisiva para o sucesso da investigação proposta neste trabalho. SUJ.04.E atua tanto na vanguarda da pesquisa ambiental quanto na esfera das políticas públicas que definem não só o cenário científico mas as ações civis no âmbito dos fenômenos climáticos em escala global.

Graduado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1974) e doutorado em Meteorologia pelo *Massachusetts Institute of Technology* (1983), iniciou sua carreira profissional no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em 1975. É pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1983. Paralelamente, exerce desde fevereiro de 2011 a função de Secretário de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. Exerceu funções de gestão e coordenação científicas: chefe do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST-INPE) de 2008 a 2011 e coordenador geral do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE) de 1991 a 2003. Foi coordenador científico do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) durante o período de 1996 a 2002, tendo portanto, colaborado indiretamente com o surgimento do PPGFA/UFMT. Atualmente é o presidente do Comitê Científico do *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP). Preside os Conselhos Diretores da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas (Rede CLIMA) e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Foi um dos autores do

Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (2007), agraciado com o Prêmio Nobel da Paz.

Em suas pesquisas, atua sobre os seguintes temas: ciências atmosféricas, clima, meteorologia, Amazônia e modelagem climática, interação biosfera-atmosfera, mudanças climáticas e desastres naturais. Ministra as disciplinas Interação Biosfera-Atmosfera e Introdução à Ciência do Sistema Terrestre em Programas de PG do INPE. Sua produção científica foi citada mais de 4 mil vezes (dezembro de 2010) no ISI (índice  $h = 28$ ) e mais de 5 mil vezes no Google Scholar.

### **3.1. ANÁLISE DA PRODUÇÃO DO PPGFA**

Estes dados foram obtidos a partir da análise dos textos dos resumos de 35 dissertações coletadas no banco de dissertações e teses do PPGFA. Os trabalhos selecionados foram publicados no período de 2002 à 2010 dentro da linha de pesquisa “Interação Biosfera-Atmosfera”.

Ao corpus obtido aplicou-se o software *Analyse Lexicale par Contexte d'un Ensemble de Segments de Texte* (ALCESTE), um programa de análise de dados textuais que permite a modelagem estatística multivariado de dados textuais por meio de uma análise lexical. O programa foi desenvolvido na França por Max Reinert em 1979 e é, segundo Kronberger e Wagner (2003, p.427), além de uma técnica estatística multivariada, uma metodologia de apoio a análise de texto. Para os autores, “o objetivo de uma análise com o ALCESTE, portanto, é distinguir classes de palavras que representam diferentes formas de discurso a respeito do tópico de interesse”.

A opção justificou-se pelo fato de que o uso do programa permite obter um maior número de dados em um menor espaço de tempo, e por gerar relatórios dos quais foi possível extrair um grande número de informações.

Essas análises permitiram a realização de categorizações das palavras em unidades significativas, favorecendo a compreensão das relações entre os elementos oferecidos.

A análise da produção do PPGFA pelo ALCESTE gerou como resultados os gráficos de uma decomposição hierárquica descendente associada a um modelo fatorial por correspondência.

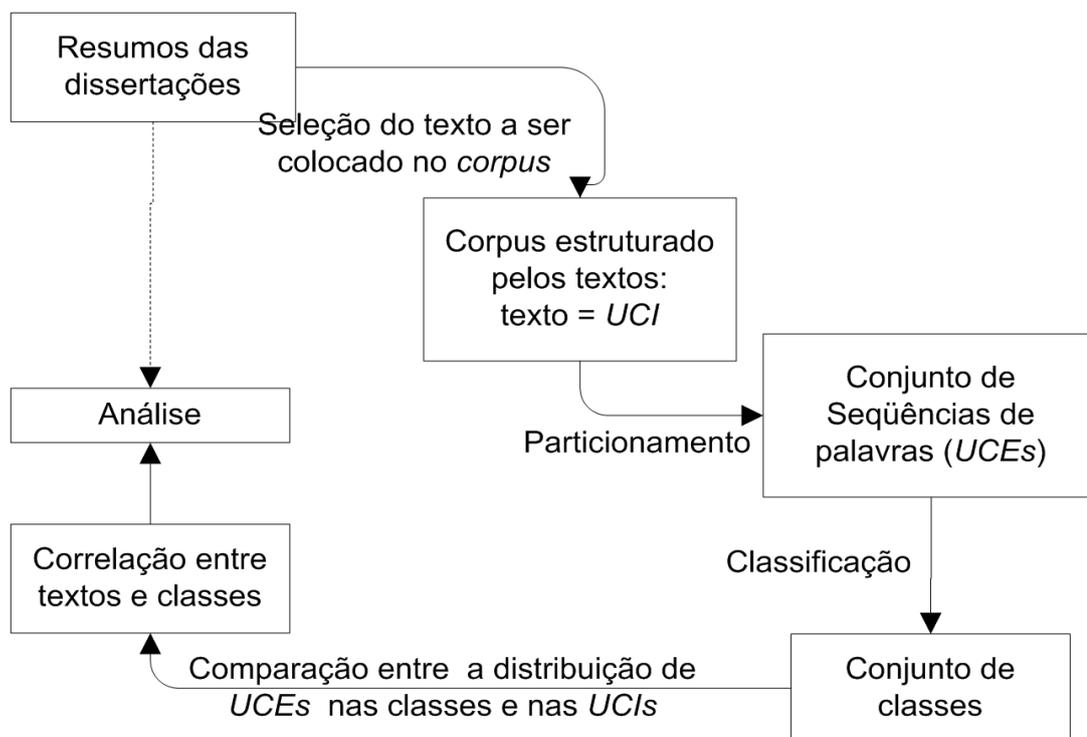


Figura 2 - Esquema da decomposição hierárquica descendente

Quanto ao processamento do ALCESTE e seus resultados, evidenciam-se ainda as seguintes considerações:

- A base conceitual do algoritmo repousa na estatística multivariada, pesquisa operacional e teoria da complexidade.
- O algoritmo requer um software especialista, no caso o *Analyse Lexicale par Contexte d'un Ensemble de Segment de Texte* (ALCESTE), sendo que o tempo de processamento obtido neste trabalho em uma estação Intel Core i7, com 8 GB de memória RAM, foi de 1,5 h.
- O procedimento é não paramétrico, não possuindo implicações quanto a estacionariedade, aderência à Normal e homocedasticidade.
- A localização de pontos de ótimos equivale a postular sobre a presença de atratores.

O processamento dos dados no ALCESTE atravessa as seguintes etapas:

I – A partir do corpus e de um procedimento de randomização dois vetores índice são computados a fim de se implementar o particionamento das UCI: radicais (ordem alfabética) e UCEs (ordem de ocorrência).

II - Estes dois vetores são relacionados numa “matriz de coocorrência” onde as UCEs correspondem às linhas e os radicais às colunas.

		<i>Radicais</i>				
		<i>ambient+</i>	<i>amazon+</i>	<i>cerrad+</i>	...	<i>transicao</i>
<i>UCEs</i>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	...	<b>1</b>
	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	...	<b>1</b>
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<b>N</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	...	<b>0</b>

Figura 3 - Particionamento e classificação (construção de uma matriz booleana)

Para o corpus em questão, o ALCESTE teve êxito em elaborar uma matriz com 1955 lexemas distintos (radicais) e 271 UCEs classificadas (um aproveitamento de 90%).

Na seção 4.3. serão apresentados os resultados do processamento dos dados pelo ALCESTE.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE DOCUMENTAL

A busca por referências diretas ao termo “física ambiental” (ou “*environmental physics*” / “*física del medio ambiente*”) na base de dados Google Scholar retornou uma lista de resultados com hiperlinks para documentos em texto integral ou apenas resumos de artigos em periódicos, citações ou versões eletrônicas de livros parcialmente disponíveis para consulta online em serviço da mesma empresa (Google Books). A análise dos resultados apresentados mostrou que o tipo de documento que mais efetivamente se aproximava do contexto pesquisado era o formato livros.

Por sua vez, a ferramenta Google Books abriu nova perspectiva de análise sobre os resultados encontrados, uma vez que, dentre outras informações, apresenta os termos mais característicos, isto é, com maior frequência de ocorrência nesses textos, sob a forma de lista dinâmica de hiperlinks pesquisáveis estruturada em nuvem de palavras (uma forma sofisticada de apresentação gráfica das diferentes frequências dos elementos textuais presentes no texto). As palavras com maior ocorrência são apresentadas em tamanhos maiores no esquema gráfico.

As referências foram agrupadas aqui com suas respectivas nuvens de palavras, ordenadas pelo parâmetro número de citações, conforme exposto na tabela 2.

**Tabela 2 - Análise das referências relativas à busca por "física ambiental"/ "environmental physics"/"física del medio ambiente" em base de dados da web**

<b>Referência</b>	<b>Número de citações no Google Scholar</b>
<b>Termos e frases comuns indexadas pelo Google Books</b>	
MONTEITH, John; UNSWORTH, Mike. <b>Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere.</b> Academic Press, 2013.	5026

<p>absorbed absorption aerodynamic aerosol air temperature angle animal assumed atmosphere  <u>boundary layer</u> boundary layer resistance <b>Bowen ratio</b> calculated carbon dioxide  cloudless coat components concentration constant crop cylinder decreases dened depends diameter  diffusion drag coefficient <b>eddy covariance</b> emissivity energy environment environmental physics  <b>Equation</b> es.T estimate exchange Figure foliage forest form drag fraction free convection  gases gradient heat balance heat loss heat transfer heat ux height horizontal increases intercepted  inuenice irradiance Journal laminar <b>latent heat leaf area index</b> leaves long-wave radiation  mass transfer measurements metabolic Meteorology molecular molecules Monteith Nusselt number  particles <b>photosynthesis</b> plane plant pores proportional radiative range ratio reected reaction  coeficient reactivity relation Reynolds number <b>Royal Meteorological Society</b> saturation  <b>vapor pressure sensible heat</b> skin soil <b>solar radiation</b> spectrum <b>stomatal</b>  surface temperature thermal tion turbulent unit area ux density vegetation velocity vertical <b>water</b>  <b>vapor</b> wavelength <b>wet-bulb temperature</b> windspeed zero</p> <p><b>Figura 4 - Nuvem de palavras para MONTEITH &amp; UNSWORTH, 2013.</b></p>	
<p><b>CAMPBELL, Gaylon S.; NORMAN, John M. An introduction to environmental biophysics.</b> Springer, 1998.</p> <hr/> <p>absorbed absorptivity air temperature animal approximate <b>assimilation rate</b> Assume  atmosphere average beam radiation blackbody body temperature boundary layer conductance calculated  <b>canopy</b> coat coefficient computed constant convection crop decreases depends diffuse radiation  emissivity emittance emitted environment environmental biophysics estimate Example exchange FIGURE flow  function heat transfer height hemi-surface area horizontal humidity increases infrared thermometer  intercepted irradiance J/kg latent heat loss <b>leaf angle distribution leaf area index</b> leaf  temperature leaves maximum measured metabolic rate mol m<sup>-2</sup> mole fraction NDVI operative  temperature organism percent photons <b>photosynthesis</b> plant canopies <b>radiant flux</b>  radiative ratio reflectance resistance <b>saturation vapor pressure</b> sensor skin soil surface  solar radiation Solution sphere <b>stomatal</b> stomatal conductance sunlit surface temperature thermal  conductivity transpiration transport turbulence units values vapor concentration vapor deficit variables  variation view factor water content water loss <b>water potential water vapor</b> waveband  <b>wavelength</b> wind speed zenith angle zero</p> <p><b>Figura 5 - Nuvem de palavras para CAMPBELL &amp; NORMAN, 1998.</b></p>	2801
<p><b>HILLEL, Daniel. Environmental soil physics: Fundamentals, applications, and environmental considerations.</b> Academic press, 1998.</p> <hr/>	2005 <sup>7</sup>

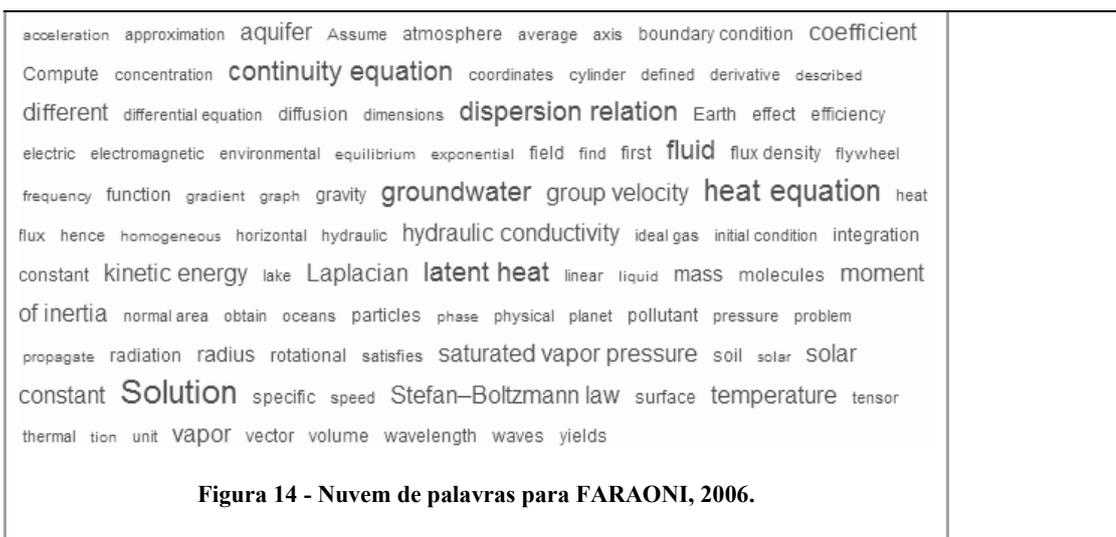
<sup>7</sup> Possui diferentes publicações sobre o mesmo tema. Valor apresentado corresponde à obra com maior número de citações. Ver: < [http://scholar.google.com.br/scholar?q=HILLEL%2C+Daniel.+Environmental+soil+physics&btnG=&hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5](http://scholar.google.com.br/scholar?q=HILLEL%2C+Daniel.+Environmental+soil+physics&btnG=&hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5) > , consulta em 28/02/2014.

<p>adsorbed adsorption aeration aggregates aquifer atmosphere bulk density capillary cations  <b>clay</b> coefficient compaction concentration constant contact angle crop curve Darcy's law decrease  depends depth diameter <b>diffusion</b> drainage effect energy <b>equation</b> equilibrium erosion  evaporation rate evapotranspiration field <b>flow</b> fluid <b>flux</b> fraction function gravity groundwater  heat hence Hillel horizon <b>hydraulic conductivity hydraulic head</b> hydrostatic  pressure hysteresis increase infiltration rate initially <b>irrigation kaolinite layer</b> liquid mass  matric suction measured minerals mm/day molecules montmorillonite neutrons organic matter oxygen  <b>particles</b> permeability phase plants pores porosity porous <b>potential</b> properties radiation  rainfall ratio ROOT ZONE runoff salinity salts Sample Problem sand <b>saturated</b> shear <b>soil</b>  <b>moisture soil physics soil profile soil structure soil surface</b> soil water soil  wetness soil-water <b>soil's</b> solid solution stress <b>temperature</b> tend tensiometer thermal  tion <u>transpiration</u> tube unit unsaturated soil vapor pressure velocity volume water content <b>water</b>  <b>table</b> wetting front</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 6 - Nuvem de palavras para HILLEL, 1998.</b></p>	
<p>BOEKER, Egbert; VAN GRONDELLE, Rien. <b>Environmental Physics: Sustainable Energy and Climate Change</b>. John Wiley &amp; Sons, 2011.</p> <hr/> <p>absorbed absorption albedo atmosphere atoms Calculate carbon carbon cycle <b>Carnot</b>  <b>efficiency</b> cell charge separation chemical chlorophyll Climate Change coefficient combustion  concentration constant converted cooling cross section CYCLE defined density diffusion discussed effect  efficiency electricity electron emissions <b>enthalpy Environmental Physics</b> equation  equilibrium ethanol example excited <b>exciton</b> exergy factor finds fission flow fluid flux force free  energy fuel function gases <b>Gibbs free energy</b> gives Grätzel groundwater <b>Heat</b>  <b>Engines</b> hydrogen increase indicated JWST072-Boeker June 16 layer lidar mass molecular  molecules neutrons nuclear power oxidation parameters particles <b>photons</b> photosynthesis power  stations pressure Printer produce radiation <b>radiative forcing</b> reaction centre reactor <b>redox</b>  <b>Renewable Energy</b> reservoir resulting <b>Second Law efficiency</b> shown in Figure solar solar  Cell spectrum storage surface Table <b>temperature</b> thermal thermodynamic turbine uranium vapour  velocity vertical wavelength wind</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 7 - Nuvem de palavras para BOEKER VAN &amp; GRONDELLE, 2011.</b></p>	118
<p>ROSE, Calvin W. <b>An introduction to the environmental physics of soil, water and watersheds</b>. Cambridge University Press, 2004.</p> <hr/>	49

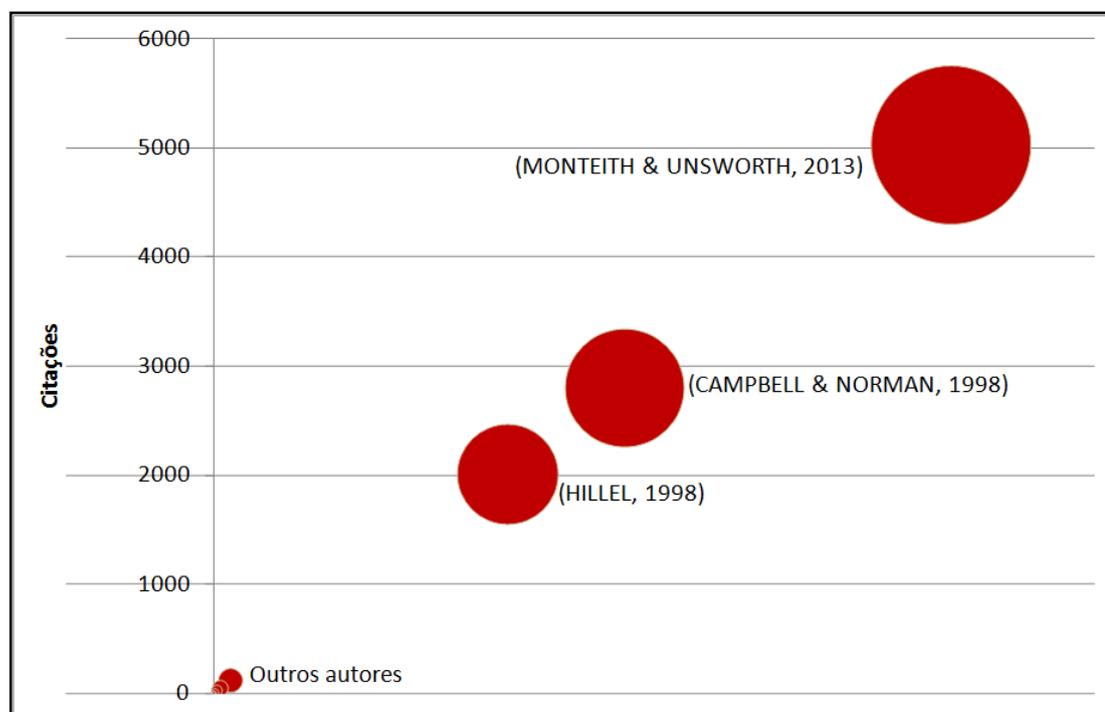
<p>applied <b>aquifer</b> assumed atmosphere average Bernoulli's equation calculated <b>capillary fringe</b> catchment Chapter characteristics chemicals clay commonly component contaminant decrease denoted deposition depth of water described displacement downslope earth's surface effect energy environmental equation equivalent ponded depth evaporation <b>evapotranspiration</b> example excess rainfall factors Figure fluid flux density force fraction given <b>groundwater</b> heat height <b>hydraulic conductivity hydraulic head</b> hydrological illustrated in Fig increase infiltration rate <b>infiltrometer</b> involved irrigation land surface layer liquid <b>lysimeter</b> magnitude mass measured move occur <b>overland flow</b> parameter particles period <b>piezometer</b> plot processes rainfall rate river rock root zone Rose runoff rate salinity sand saturated scale sediment concentration <b>shear stress</b> shown in Fig slope soil erosion <b>soil profile</b> soil surface soil water solute peak sorbed spatial stream temperature term thermal radiation transport turbulent unsaturated zone vegetation volume volumetric water content water content <b>water table watershed</b> wave Whilst</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 8 - Nuvem de palavras para ROSE, 2004.</b></p>	
<p><b>HUGHES, Peter; MASON, Nigel J. Introduction to environmental physics: planet Earth, life and climate. CRC Press, 2001.</b></p> <hr/> <p>absorbed amount atoms average body building Calculate <b>carbon</b> CFCs Chapter chemical cloud concentration convection crop cycle density dew point dioxide <b>Earth's atmosphere</b> Earth's surface effect efficiency electricity emissions energy loss energy transfer entropy environment Environmental Physics <b>equation evaporation</b> example <b>Figure</b> flow fluid flux force fuel gases <b>geostrophic wind global warming</b> gradient greenhouse growth <b>heat</b> Hence human humidity increase insulation irradiance land surface layer leaf leaf area index light London mass measure metabolic molecules Northern nuclear oceans orbit organic matter oxygen <b>ozone</b> ozone depletion particles permanent wilting point <b>photosynthesis</b> plants pollution pores potential processes produce radius rainfall regions result satellite saturation <b>soil profile</b> soil water solar radiation <b>specific heat capacity</b> stratosphere <b>suction</b> surface temperature Table thermal conductivity thermal energy Thermodynamics tion transport troposphere vapour pressure vegetation velocity water potential <b>water vapour</b> wavelength waves <b>weather</b> wind speed</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 9 - Nuvem de palavras para HUGHES &amp; MASON, 2001.</b></p>	21
<p><b>SMITH, Clare. Environmental physics. Psychology Press, 2001.</b></p> <hr/>	10

<p>absorbed absorption spectrum adiabatic lapse rate amount of energy aquifer  atmosphere atomic Bernoulli's principle biomass calculated carbon Carnot cycle cent  climate change concentration constant contain converted cooling Coriolis force decay  <b>decibel</b> density depends diffusion distance Earth effect efficiency electricity electromagnetic  electrons emissions emitted <b>entropy</b> environmental Equation evaporation Figure fission flow rate  fluid force frequency friction fuel gases gravity greenhouse <b>groundwater</b> heat capacity height  higher increase instance <b>isotopes</b> latent heat layer light liquid magnetic field mass material  measured molecules momentum movement <b>neutrons</b> noise nucleus ocean ozone <b>P-waves</b>  particles <b>photosynthesis</b> physical plant <b>plutonium</b> pollution power stations pressure  produced <b>protons</b> radiation radioactive <b>radioactive decay</b> reaction reactor reduce  reflected result rocks rotation soil solar solid sound <b>specific heat capacity</b> spectrum speed  surface <b>temperature</b> thermal trophic level turbine velocity vibrate volume warming waste  <b>wavelength</b> waves wind</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 10 - Nuvem de palavras para SMITH, 2001.</b></p>	
<p>BLAKE, David; ROBSON, Robert. <b>Physical principles of meteorology and environmental physics: global, synoptic and micro scales.</b> World Scientific, 2008.</p> <hr/> <p>adiabatic <b>adiabatic lapse rate</b> air parcel analysis <b>anemometer</b> assume  <b>atmosphere</b> averaging period boundary layer calculated canopy Chapter CO2 flux  coefficient component constant convective coordinate Coriolis dataset diagram diffusion discussed dry  air Earth's surface eddy correlation Eight day mean error five minute means flow flux measurements  <b>geostrophic wind</b> gradient heat loss heat transfer height hence <b>hydrostatic</b>  <b>equilibrium</b> intentionally left blank <b>isobaric</b> lapse rate <b>latent heat flux</b> m/sec mass Mean  temperature mean variance mean vertical wind method mixing ratio molecular northern hemisphere  planetary boundary layer pressure Problem quantity radiation radiative <b>radiosonde</b>  <b>rainforest</b> rotation sampling rate saturated scalar Schematic representation Section <b>sensible</b>  <b>heat</b> sensors series five minute shear shown in Figure solar spectra spectrum for sugar <b>sugar</b>  <b>cane</b> surface temperature thermal <b>turbulent</b> velocity amplitude spectrum Vertical velocity <b>water</b>  vapour wind shear wind speed WPL correction</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 11 - Nuvem de palavras para BLAKE &amp; ROBSON, 2008.</b></p>	03
<p>JAQUE RECHEA, Francisco; AGUIRRE DE CARCER, Iñigo. <b>Bases de la física medioambiental.</b> Ariel, 2000.</p> <hr/>	02

<p> aceleración aceleración centrípeta adiabática <b>agujero de ozono</b> albedo angular  anticiclón API/Ax <b>atmósfera</b> átomos Bernoulli borrasca Calcular caliente calor <b>campo</b>  <b>eléctrico</b> campo magnético cantidad de movimiento capa de ozono capítulo carga  central CFCS ción concentración conductor considerado Consideremos constante Coriolis <b>cuerpo</b>  <b>negro</b> dada debe <b>decibelios</b> define denomina densidad depende desplazamiento dirección  disminuir distancia dosis dt dt ecuación efecto ejemplo electrones emisión emite <b>energía</b>  <b>cinética</b> expresión Física fluido flujo foco <b>fotones</b> frecuencia fuerza fuerza de Coriolis gas  ideal gradiente de presiones gravitatorio indica la figura intensidad interacción isobaras km/h llamada  longitud <b>longitud de onda</b> magnitud máquina térmica módulo moléculas mundo neutrones  Newton nivel de ruido nuclear núcleos obtener <b>onda sonora</b> ondas electromagnéticas parcela de aire  partículas potencia potencial produce protones <u>radiación ultravioleta</u> <b>radiactiva</b> radio realiza sistema  sonora superficie tabla <b>temperatura</b> térmica Termodinámica termoelectricas Tierra unidad  utiliza valor vapor de agua variación <b>vector</b> viento </p> <p><b>Figura 12 - Nuvem de palavras para JAQUE RECHEA &amp; AGUIRRE DE CARCER, 2000.</b></p>	
<p> <b>FORINASH, Kyle. Foundations of environmental physics: understanding energy use and human impacts.</b> Island Press, 2010. </p> <hr/> <p> <b>albedo</b> amount approximately assuming <b>atmosphere</b> atoms average <b>band gap</b> battery  <b>biodiesel</b> biofuels blackbody calculation cancer <b>carbon dioxide</b> Carnot <u><b>Carnot</b></u>  <u><b>cycle</b></u> cause Chapter chemical coal constant converting cooling cost cycle deaths decay earth  earth's surface economic effect <b>efficiency electricity</b> electrons emissions emitted  energy needed energy sources energy storage <b>entropy</b> environmental Equation estimated  <b>example</b> exposure extracted factors Find a discussion <b>fossil fuels fuel cells</b> gasoline  given <b>global heat engine</b> heat flow higher hybrid cars <b>hydrogen</b> increase kinetic  energy law of thermodynamics layer levels mechanisms <b>methane</b> molecules <b>natural gas</b>  nuclear occur ocean petroleum <b>plug-in hybrid</b> pollution population power plant pressure  problems production quad radiation radioactive <b>radon</b> reactor <b>reliable sources</b>  reservoir result <b>risk</b> second law <b>solar cells</b> solar energy solid speed summary surface  temperature Table tion transportation United vehicle wavelengths Wikipedia <b>wind turbine</b> </p> <p><b>Figura 13 - Nuvem de palavras para FORINASH, 2010.</b></p>	02
<p> <b>FARAONI, Valerio. Exercises in environmental physics.</b> Springer, 2006. </p> <hr/>	02



Dentre as bibliografias mais citadas, destacam-se das demais a obra de Monteith & Unsworth (4272 citações), seguido por Campbell & Norman, 1998 (2801 citações) e Hillel, 1998 (com 2005 citações), respectivamente. A primeira inclusive serve de base para outras, sendo referência recorrente em alguns dos outros livros listados.



**Figura 15 - Principais referentes bibliográficos relacionados a *Environmental Physics* por número de citações na base de dados *Google Scholar*.**



fundamentam o corpo de conhecimento das ciências agrárias está carregado com as leis básicas da Física.

Consequentemente, a pesquisa sobre a palavra-chave “Física Ambiental” indicou uma variedade de *keywords*/focos de interesse o que dificulta a delimitação de uma “Física Ambiental” enquanto ciência ou área científica, apontando para uma espécie de não-separabilidade com as ciências agrárias, quando a pesquisa está limitada à bibliografia básica utilizada nessas áreas de conhecimento.

#### 4.2. ENTREVISTAS COM OS ESPECIALISTAS

As entrevistas foram gravadas em áudio e as transcrições procuraram manter as falas fielmente (ANEXOS). A intenção era a de identificar os conceitos e as concepções dos pesquisadores da área de física ambiental sobre o seu campo de pesquisa. As duas primeiras perguntas, omitidas nesta análise, tinham como objetivo a caracterização dos sujeitos entrevistados.

As respostas são apresentadas nas tabelas a seguir. Uma codificação foi atribuída às sínteses das respostas, de modo a identificar posteriormente o sujeito a que a elaborou (P01, P02, P03 ou P04), a questão em que se originou (Px.3, Px.4, Px.5 ou Px.6) e sua posição no conjunto elaborado pelo respectivo sujeito (último caractere numérico).

**Pergunta 3:** Como você situa a Física dentro do conhecimento científico?

Tabela 3 - Síntese dos depoimentos para a terceira pergunta.

Sujeito	Resposta / Síntese (abaixo)
SUJ.01.I	<p>É, todos os processos biológicos tem na base a química e a física. (...) processo da transferência de energia é um processo físico, então a física é básica para todos esses processos. E os mecanismos para vários processos tem uma base na física... Se a gente pode entender a base física fica muito mais fácil para entender o comportamento biológico.</p> <p>(P01.3.1) A Física e a Química estão na base do conhecimento biológico: a compreensão desses saberes permite um maior entendimento dos processos biológicos.</p>

SUI.02.I	<p>...a Física é aquela ciência que se propõe a entender o universo. Quer dizer, isso, ahn, envolve, entender a própria vida, entender... “como nós somos?”, “de onde viemos ?” São questões que estão muito além do que é material, digamos assim, do óbvio, né? Então... é... assim, eu acho que a física é importante pra qualquer ângulo que você olhe, né? (...) As várias dimensões, né... da vida humana. Então acho que é uma ciência fundamental, acho que... na formação de qualquer pessoa, a nível de ensino básico, a física tinha que ser uma disciplina muito forte. Acho que ela... A compreensão da física ela abre muito o ângulo de visão, o campo de visão de uma pessoa.</p> <p>(P02.3.1) A Física é a ciência que se propõe a entender o universo (incluindo a vida).</p> <p>(P02.3.2) A compreensão da Física dá às pessoas novas visões sobre as coisas.</p>
SUI.03.E	<p>...partindo de Lavoisier, ahm, estudos observacionais de ver uma maçã caindo e entender a lei da gravidade, por si só já te diriam um pouco disso, mas até então a ciência do ambiente era algo que estava nos nossos filósofos gregos né? É... sem uma boa física, que tenha uma teoria rebatida pelos pares e comprovada, que possa se traduzir na aplicabilidade...</p> <p>...essa é uma ciência do ambiente que depende estritamente da física, vocês tem que ter algum avanço da física que permitisse mensurar... e, ainda assim essa física tem limitações por que são feitas simplificações devido à complexidade do sistema... a física é o elo entre ligar o cotidiano nosso, ligar uma ciência ambiental que trabalha a qualidade de vida, com as condições de contorno futuras da nossa vida em sociedade e também daqueles que não estão nos centros urbanos, (...)</p> <p>(P03.3.1) Há necessidade de uma boa Física, ou seja, aquela que: 1) apresenta teorias rebatidas pelos pares e comprovada e 2) que tenha aplicabilidade.</p> <p>(P03.3.2) A “ciência do ambiente” depende da Física.</p> <p>(P03.3.3) A Física possui limitações, pois assume simplificações diante de um sistema complexo (ambiental).</p> <p>(P03.3.4) A Física propicia, com suas teorias, ferramentas para a instrumentação ambiental.</p> <p>(P03.3.5) A ciência ambiental trabalha para a qualidade de vida das pessoas.</p> <p>(P03.3.6) A Física dá capacidade preditiva das condições futuras do ambiente (e estas terão implicações para a vida em sociedade).</p>

SUI.04.E	<p>os físicos são arrogantes porque tudo começa com a física, né? ... poderia dizer tudo é física. Mais ou menos, né? Porque, a física (...) não explica a vida, pelo menos até hoje (...), não estou falando que um dia não poderá (explicar)... A vida é uma outra (coisa)... é, eles ainda não explicaram. Portanto a biologia, (...) não é decorrente, natural, das leis físicas, ainda há (...) (...) nada (...) não segue as leis da física, tudo segue as leis da física, mas a biologia é uma coisa diferente...</p> <p>É... é, que a gente chama inteligência em vários graus, (mais) avançada (na) espécie humana, que também não é explicada pela física, a inteligência não é... eu, quando eu falo não é explicada, quer dizer que, um dia pode ser explicada (...)... então física é fundamental para nos entendermos o universo, em quase tudo ou tudo, em quase tudo... agora, não ainda conseguiu se explicar a partir (das forças) fundamentais da física, ..., não se conseguiu explicar a vida, e não, e nem a vida sozinha conseguiu explicar a cognição, a inteligência, a capacidade da (gente) entender a, e replicar, a capacidade das linguagens... então é, as linguagens (vem depois), eu só quero colocar isso (...) pra diminuir um pouquinho a bola da física, a física não explica tudo, só que a física é o elemento central (...), tudo começou a partir da física, então ciências ambientais, tem muito a ver com um entendimento profundo da física (do ambiente), (...)</p> <p>(P04.3.1) A Física é o elemento central (dentro do conhecimento científico). Ela é fundamental para entendermos o universo.</p> <p>(P04.3.2) A vida é uma questão que escapa ao poder explicativo da Física.</p> <p>(P04.3.3) Outras coisas importantes que desafiam o escopo da Física e da própria Biologia (que estuda a vida) são: a inteligência, a cognição e o desenvolvimento das linguagens.</p> <p>(P04.3.4) Ciências Ambientais estão relacionadas a um entendimento profundo da Física.</p>
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A partir da análise das respostas podemos inferir que a Física tem um caráter fundamental no sentido de subsidiar outras áreas do conhecimento incluindo as ciências ambientais com seus princípios e leis universais. Adicionalmente, a Física oferece ferramentas metodológicas para medidas e análise de dados. Contudo, um dos entrevistados destaca que a Física também tem as suas limitações uma vez que falha ao tentar explicar a vida, a inteligência, a cognição e a capacidade de linguagem.

**Pergunta 4:** Para você, qual o escopo das Ciências Ambientais?**Tabela 4 - Síntese dos depoimentos para a quarta pergunta.**

Sujeito	Resposta / Síntese (abaixo)
SUJ.01.I	<p>... O escopo é muito grande, por que dentro... são pesquisas básicas, queremos entender a função do sistema ambiental. Por outro lado queremos entender por exemplo o aspecto humano sobre as ciências ambientais... Não tem um foco é mais um guarda-chuva pra uma grande família de pesquisas.</p> <p>(P01.4.2) As ciências ambientais não tem foco único. Entender o sistema ambiental é uma demanda multidisciplinar.</p> <p>(P01.4.3) São pesquisas básicas (as realizadas nas ciências ambientais).</p>
SUJ.02.I	<p>A gente sabe extremamente pouco a respeito de funcionamento de ecossistemas, relação disso com o clima, e relação do homem com esses sistemas. A preocupação básica seria tentar construir uma compreensão dos processos que estão envolvidos nisso. Por enquanto a área de... As áreas ambientais... Das ciências ambientais, elas estão numa fase muito indutiva ainda, que é o que (...) se acontece quando as pesquisas estão engatinhando numa área, então o que se faz? Se faz muitas medidas, se tem toneladas, né?</p> <p>Pode ser uma fronteira, (...) que deixa de ser ambiental... . Eu acho que é uma ciência nova... e ainda está, tentando... encontrar o seu lugar (...). Talvez no futuro nem venha a ser chamada de ciência, (...) vai além do que é óbvio. (...) vai além da:: biologia e da climatologia, (...) quando você fala em (...)“influência da ação humana”, você tem que entrar também no campo das humanidades (...). Então muitas questões (...) como, direito... (...) costumes, cultura... Você não pode dizer que isso é independente, é inseparável das ciências ambientais. (...) você tem toda uma questão de:: da cultura (...) do agricultor, (...) políticas públicas. Então é muito difícil você estabelecer uma fronteira com uma ciência assim... A gente tem um problema, a gente onde é o centro da coisa: o centro da coisa é a gente entender o que está acontecendo com o clima da Terra. (...) numa primeira olhada, parece que tudo depende de tudo: todas as coisas são importantes dentro dessa área. Então a gente tem o centro mas não tem os limites...</p> <p>(P02.4.3) As ciências ambientais visam compreender as relações entre os ecossistemas, o clima e o homem.</p> <p>(P02.4.4) Ainda encontram-se em uma fase indutiva (as ciências ambientais).</p>

	<p>(P02.4.5) Nas ciências ambientais não há fronteiras bem definidas (entre as disciplinas científicas).</p> <p>(P02.4.6) As ciências ambientais ainda estão se estruturando (enquanto disciplinas científicas).</p> <p>(P02.4.7) As ciências ambientais articulam disciplinas científicas de enfoque natural, como a biologia e a climatologia, e questões eminentemente humanas, como os costumes, a cultura e políticas públicas.</p> <p>(P02.4.8) O problema central das ciências ambientais está bem definido: o que está acontecendo com o clima da Terra?</p>
SUI.03.E	<p>é... ele tenta nos traduzir algo que nós havíamos esquecido, que nós fazemos parte de um meio, que a nossa biologia assim como a dos outros seres vivos respondem à física, né, existe uma relação biofísica muito bem estabelecida, intrínseca, e de alguma forma nos esquecemos,... as ciências ambientais, o escopo dela, o foco dela, é acho que resgatar isso para que a gente possa compreender melhor e voltar a cuidar de nós e do, entender a relação física que sempre existiu nesse planeta entre as forças radiativas, as forças hídricas e que o nosso organismo aprendeu a e evoluiu ao longo de milhares de anos, essa é a minha visão particular do que as ciências ambientais....</p> <p>...nós temos as ciências ambientais no <i>strictu sensu</i> dela que é estudar o ambiente que nos cerca, mas também tem o ambiente planetário</p> <p>(P03.4.7) É tarefa das ciências ambientais resgatar a relação fundamental (mas esquecida) entre a Física e a Biologia (vida), pois os seres são parte integrante de um meio que responde a “forças” físicas.</p>
SUI.04.E	<p>...não existe, pra começar, o singular ciência ambiental... o que existem, é... é... é uma, ciências ambientais são... não pode ser muito bem definida, por que ela não tem uma delimitação precisa, mas ela é um corpo de conhecimento que nos permite entender, o ambiente é... físico, químico, biológico... Nós podemos também chamar, alternadamente, abiótico e biótico, as interações dos componentes abióticos e bióticos com, com nós, que nos tornamos uma força de transformação, uma força, praticamente, da mesma magnitude que as grandes forças naturais, que operam em escalas geológicas ou mesmo com as forças darwinianas, da (...) evolução biológica, da evolução (...) então, as ciências ambientais (...) (...) envolvem toda essa delimitação, das interações dos componentes bióticos, abióticos com nós, humanos, e em todas as escalas de tempo e em todas as escalas espaciais, dentro do planeta Terra, não sabemos</p>

	<p>se as nossas ações aqui afetam..., ela é um conjunto muito grande de disciplinas, com a... o edifício do conhecimento vai se, se cada vez mais, se especializando, criando muitas disciplinas, a ciência ambiental ela, tem que quebrar esse paradigma da superespecialização disciplinar, monotemática, e ela é uma intersecção inteligente de muitas disciplinas das ciências naturais e das ciências sociais...</p> <p>...então, é, as ciências ambientais ela é esse grande universo de conhecimento que é necessário e fundamental para nós nos posicionarmos, como espécie humana, na direção que nós queremos para o futuro, então não é, não é, (...) se fosse só a alteração natural dos componentes bióticos e abióticos (não tem-se) ciência ambiental, é, agora, ciência ambiental é a (palavra?), não, entra a ação humana, mediadora e perturbadora dessa interação com os sistemas bióticos e abióticos.</p> <hr/> <p>(P04.4.5) Não existe uma ciência ambiental no singular.</p> <p>(P04.4.6) A ciência ambiental, enquanto corpo de conhecimento (ou disciplina intelectual, conforme Toulmin), precisa quebrar o paradigma da superespecialização. Ela (ciência ambiental) seria uma intersecção inteligente (racional, “razoável”...) entre disciplinas das ciências naturais e das ciências sociais.</p> <p>(P04.4.7) A ação humana pode perturbar o sistema ambiental em magnitude equiparável às “forças” naturais que operam em escala geológica ou mesmo à evolução biológica.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Os depoimentos são consensuais no sentido de que o escopo das Ciências ambientais é entender o meio ambiente que nos cerca, os processos, as interações e a dinâmica que o permeiam. Além disso, os entrevistados destacam a ação antrópica como determinante e a incluem nesse escopo. As Ciências ambientais buscam compreender as interações entre os sistemas naturais bem como os efeitos transformadores da interação com a espécie humana, envolvendo para isso conhecimentos multidisciplinares.

**Pergunta 5:** Fale sobre a relação entre a Física e as Ciências Ambientais.**Tabela 5 - Síntese dos depoimentos para a quinta pergunta.**

Sujeito	Resposta / Síntese (abaixo)
SUJ.01.I	<p data-bbox="464 472 1410 860">Não, essa é a mesma coisa. Se eu quero entender por exemplo... o comportamento do meio ambiente ..., então a física é base para todos esses negócios, mas por outro lado, talvez a intersecção entre o social, a parte social e a parte do ambiente... da ciência ambiental, é mais uma... pra entender as (coisas) sobre o uso da terra. Bom essa parte (...) também tem uma base de física, mas o... escopo, do humano sobre a função do ecossistema de por exemplo, tem uma base de física, quando a gente limpamos... trocamos a floresta por pastagem, o balanço de energia vai mudar.</p> <p data-bbox="464 875 1410 1010">(P01.5.4) Apesar de a Física estar na base do entendimento sobre o ambiente, o aspecto social (ação humana) sobre os ecossistemas é um fator que deve compor o escopo das ciências ambientais.</p>
SUJ.02.I	<p data-bbox="464 1032 1410 2018">Então... Como a física é fundamental em todas as áreas do conhecimento... Nas ciências ambientais ela também é fundamental. Então, por exemplo, quando você tem... Os grandes modelos... Climatológicos (e tudo mais)... Ou o comportamento de uma variável específica, como a temperatura, não existe uma relação clara... Não que não exista, mas o homem não conhece uma relação clara e ainda não conseguiu visualizar uma relação clara, por exemplo, com o comportamento da temperatura do ar e a... Os princípios da conservação da energia e quantidade de movimento. Isso é muito nebuloso ainda pra ciência. O que é uma coisa BÁSICA, né? Quer dizer, a gente deveria saber relacionar... os comportamentos das variáveis que a gente tem com esses dois princípios. Então tem alguma coisa... ERRADA ai. Talvez ou na abordagem... Ou no próprio conhecimento dos cientistas... Tem alguma coisa faltando pra gente fazer as conexões entre os dados que a gente tem e as leis básicas da... não só da física, né, mas das ciências... ciências naturais. Então tá... Tem alguma... faltando alguma coisa... Tem um elo perdido ai no meio. Mas certamente, é... Essas leis elas são universais, então certamente a... a conservação da quantidade de movimento... a conservação da energia... são coisas que permeiam... TUDO. Mas tá faltando a gente... estabelecer as contas. Então... Dentro do... das áreas de sistemas dinâmicos fora do equilíbrio você sempre pensa no... na parte determinista, que são as leis, e na parte não</p>

	<p>determinista... AH... Mesmo a parte determinista a gente não... ainda não consegue... definir.</p> <p>(P02.5.9) É preciso estabelecer conexões entre leis físicas universais (como a conservação da energia e a conservação da quantidade de movimento), e os dados ambientais obtidos.</p>
SUJ.03.E	<p>Física ela tá, ela tá sempre avançando na fronteira do desconhecimento, por que pra aplicar muitas das soluções mecanísticas que nós temos hoje eu preciso da compreensão do fenômeno e a tradução dele, pragmaticamente, pra sociedade, pra nós utilizarmos, então eu não vejo a ciência ambiental avançando sem, acho que eu não vejo, é impossível ver isso, as ciências ambientais avançando sem as teorias que a física desenvolve.... pra que a gente possa ahm, ter ferramentas que nos ajudem a compreender fenômenos</p> <p>(P03.5.8) A compreensão física dos fenômenos, traduzida pragmaticamente, permite o desenvolvimento de ferramentas aplicadas nas ciências ambientais.</p>
SUJ.04.E	<p>não tem como nós, conseguirmos ter capacidade preditiva, saber o que vai acontecer com o ambiente, no presente, no futuro, se nós não tivermos um profundo conhecimento de como a física se manifesta dentro do ambiente, como são as interações no meio físico, antes mesmo de entender a natureza, é, acoplada do meio físico com o meio biótico, biótico (...)... então, eu acho a física essencial (...)</p> <p>(P04.5.8) O ambiente natural surge no acoplamento de um meio físico (abiótico) com o meio biótico.</p> <p>(P04.5.9) A Física se manifesta dentro do ambiente natural (não como uma disciplina científica, mas como uma dinâmica de interações interna ao ambiente).</p>

Para os pesquisadores podemos inferir que a Física oferece a base para a compreensão das Ciências Ambientais. Essa relação foi destacada em diferentes aspectos: um deles destaca que é necessário para a compreensão do fenômeno natural as soluções mecanicistas oferecidas pela Física, outro destaca a necessidade da sua capacidade preditiva, outros simplesmente o papel fundamental que a Física tem entre as demais ciências. Algumas limitações também são apontadas, uma delas, que a Física não é capaz de ajudar na compreensão da componente humana da interação homem ambiente, outra, a dificuldade que se tem em relacionar o comportamento

das variáveis medidas com os princípios básicos da Física como a Conservação de Energia e Quantidade de Movimento.

**Pergunta 6:** Isso posto, você poderia tecer algumas considerações sobre a Física Ambiental?

**Tabela 6 - Síntese dos depoimentos para a sexta pergunta.**

Sujeito	Resposta / Síntese (abaixo)
SUI.01.I	<p>Eu acho que, em primeiro lugar esse grupo aqui ele está presente pouca pesquisa em física, então talvez, pesquisa da ecologia, mas todos os processos, por exemplo, a torre para medir o balanço de energia, bom tem uma base de física, eu falei sobre isso, mas em realidade, pra minha experiência é mais uma pesquisa da ecologia, ou talvez ecofisiologia. O negocio sobre a (...) produção de serrapilheira, que nós... é ecologia, SÓ. Tem uma base de física, tudo bem, mas é ecologia, então é a nossa física ambiental, na minha opinião, tem várias pessoas aqui que tem uma base forte na física, eles podem ajudar (a ter decisões no)... de meio, por exemplo, por que, eu tenho base de física, eu tinha um curso de física atmosférica mas, a pesquisa que estou fazendo da contribuição da síntese de nutrientes eles podem,... eles tem um ponto de vista diferente e eu acho que todo mundo pode crescer mais com vários pontos de vista diferentes, eles pensam sobre energia, gradiente, gradiente em potencial, eu penso sobre as coisas biológicas, essa entrevista aqui é boa pra entender o pensamento dos pesquisadores, e podemos aprender mais sobre talvez, um pouco... pode continuar, mudar, que é importante, que tipo de (mudar que me ajudará a entender talvez o grupo fazer mais), entender mais sobre o grupo agora, digo intenções deles, e então, são vários tipos de pesquisa que a gente pode fazer dentro da física ambiental, mas em realidade a maioria da pesquisa não é física básico, eu acho que os físicos lá também concordam.</p> <p>(P01.6.5) Nossa pesquisa (em Física Ambiental) é mais focada em ecologia do que propriamente em física.</p> <p>(P01.6.6) Um grupo de pesquisa com base forte em Física terá pontos de vista diferenciados sobre os objetos de estudo. Há um amplo leque de pesquisas na área.</p> <p>(P01.6.7) Entender como pensam os pesquisadores em “física ambiental” pode indicar caminhos de mudança ou de continuidade.</p>

SUI.02.I	<p>...a gente faz aqui que é... investigar... ecossistemas e interação de ecossistemas com a atmosfera... mas eles se dedicam, por exemplo, à acústica, raios, com ênfase em proteção de prédios... outras ênfases, ou seja, seria a aplicação da física tradicional, a física, muitas vezes até a newtoniana, a física clássica, à situações de, digamos assim, ambientais mas mais voltadas à civilização, urbanidade. Agora, a ênfase que o nome teria, que seria uma questão de você estudar os ecossistemas, mas com uma ênfase na física, uma ênfase nas leis, nos princípios, nos conceitos que a física atrai. Então seria, incorporar esses conceitos e tentar entender através desses conceitos o funcionamento do clima, das mudanças climáticas globais, da interação dos ecossistemas com a atmosfera... Essa é a minha visão do que seria o termo “física ambiental”. Você tem um olhar com relação ao que é natural no mundo, mas um olhar com ferramentas vindas das ciências naturais, particularmente da física.</p>
	<p>(P02.6.10) A Física Ambiental deveria estudar os ecossistemas, com ênfase nas leis e princípios da Física, incorporando esses conceitos para o entendimento de questões ambientais, como o funcionamento do clima, as mudanças climáticas e as interações dos ecossistemas com a atmosfera.</p>
SUI.03.E	<p>É... Eu não classificaria como física ambiental,..., o trabalho que a gente faz, ele envolve metabolismo de ecossistemas, envolve a parte física né, por exemplo, da radiação, que é o processo de ignição de entrada de energia no sistema e como isso vai se desencadear, tem a parte de abiológica né, de como a biologia responde a esses, essas forçantes, esses impulsos que chegam variando em escala de segundos, horas, minutos, dias, ahn, eu classificaria a pesquisa que a gente faz como, uma... nossa como é que eu vou classificar isso pra ti? Só me dá um segundo aí... .. Não tem geologia, não estuda, mas é uma bio, também não é só biogeoquímica, tem, uma biogeo física, mas ahn, seria a biologia a física e também o solo que, onde, que tá sob os pés ou que tá inserido os sistemas que nós trabalhamos, então seria acho que englobaria as três, essas três componentes né, a biologia a geologia e a física, ou a geofísica.</p>
	<p>(P03.6.9) Não classificaria as pesquisas em nosso âmbito como “física ambiental”. Proponho a denominação “biogeo física”, considerando os aspectos físicos, biológicos e do solo nestes trabalhos.</p>

SUI.04.E	<p>o ambiente é um sistema complexo, no sentido de, é determinístico, até certo ponto, o meio físico é determinístico, comprovadamente determinístico, é possível que o meio físico (n-biótico) também seja determinístico, ou não, isso ainda não está totalmente demonstrado, mas certamente, quando... você entra com o elemento humano, você perde (isso), não há nenhuma prova que os (sistemas) sociais sigam qualquer lei universal, então... é uma questão, (...) epistemológica muito importante, o conhecimento de se você pode, realmente, qual o limite, de você ter uma abordagem de um sistema complexo não linear determinístico quando você junta a dimensão humana, e um debate (até), (...) o debate, intelectual dos (mais), sofisticados, eu fico satisfeito que vocês estão começando também, a entrar nesse debate, e ver dentro de um departamento de física um (bloco) que possa (realmente) (investigar) as interações do (ambiente) físico, abiótico, (...) com uma visão, um arcabouço teórico (...), (...), aliás eu acho fantástico, eu por exemplo (sinto) falta (disso) (...), e, e, mas eu fiquei até, eu e meus alunos, ficamos famosos, propusemos dois estados de equilíbrio estáveis, (para) o clima e pra vegetação da Amazônia... mas a gente achou isso na raça, a gente achou isso com modelos matemáticos... é, é, com muito cálculo no meio, e achamos (esses) dois estados... mas a gente não conseguiu ainda avançar muito, meu grupo não é um grupo que tem pessoas, ou físicos ou, ou matemáticos aplicados trabalhando... (a teoria) de sistemas complexos, por exemplo, as regras de (transição), de, de como é que o estado estável (pode) passar pro outro... tudo isso nós não conseguimos avançar muito (depois) (que encontramos) esses dois estados, mas (...) conta com modelos numéricos...</p> <p>(P04.6.10) O ambiente é um sistema complexo. Mesmo modelos ambientais exitosos, desenvolvidos na perspectiva da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no sistema ambiental) ainda precisam avançar.</p>
----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A proposta da Física Ambiental, segundo um dos entrevistados, consiste de um caminho de apropriação teórico e experimental da Física, para entender o clima, as mudanças climáticas, as interações que permeiam os sistemas naturais. Os demais, destacaram que as pesquisas que desenvolvem nos seus grupos, programas e instituições não poderiam ser chamados propriamente de Física Ambiental - embora reconheçam a grande importância da Física e por vezes reclamem da ausência dela -

pois trata-se de atividades que envolvem ecologia, dimensão humana, metabolismo de ecossistemas, etc.

**Pergunta 7:** Cite os 5 primeiros objetos de estudo em Física Ambiental que lhe vierem a cabeça.

- I. Ordene-os agora por ordem de importância.
- II. Explique, um a um, os objetos evocados e a sua importância.

**Tabela 7 - Síntese dos depoimentos para a sétima pergunta.**

Sujeito	Resposta
SUJ.01.I	<p>...no cerrado, eu acho que é importante pra entender mais sobre por exemplo o uso da terra, e os aspectos do uso terrestre sobre as coisas que estamos pesquisando agora, o segundo, precisamos entender mais sobre as mudanças climáticas e possibilidades das mudanças climáticas pra mudar o balanço de energia, ciclo de água, co2 também, terceiro, agora temos poucos dados sobre as fontes e sumidouros de carbono e essa informação é muito importante, porque agora os políticos e ecologistas todo mundo está pensando sobre a maneira pra fazer depósitos... você tem o campo de x e você armazenando carbono no solo você talvez pode receber bolsas, tem que estar pensando sobre esse negócio, precisamos entender muito mais os estoques de carbono no solo que (estão) e os sumidouros de carbono... Eu acho que podemos pesquisar mais sobre o manejo de água, por que aqui e qualquer lugar a água, a disponibilidade de água para consumo está diminuindo muito, precisamos pensar mais sobre o ciclo da água, hidrologia, o aspecto das mudanças climáticas e uso de terra pra mudar pra desenvolver interpretações por exemplo, eu acho importante... entender as mudanças da (atmosfera) principalmente do nível de absorção de nitrogênio sobre as coisas da biodiversidade, produtividade, ciclo de carbono, nutrientes no cerrado.</p>
SUJ.02.I	<p>...Ai se eu for ordenar eu teria que falar assim: o intrínseco é o mais importante, então eu vou colocar a dinâmica de ecossistemas em primeiro lugar. De outro ponto de vista, eu vou falar que a interação é mais importante. ...Talvez eu colocaria eles no mesmo grau de importância.</p> <p>Então a dinâmica seria... O seguinte: o que... Quais são os elementos que compõem esses sistemas e como que eles funcionam. Quer dizer, quais</p>

	<p>seriam as regras, os princípios de funcionamento de tais ecossistemas. Então, se você desvendar isso você pode antever, pode digamos assim, ter uma visão, não determinista mas probabilística de como seria o comportamento desses sistemas em outras condições. ...O outro objeto seria como que ele interage... Eu falei de três mas dois são interações. Um seria interação de sistemas naturais e o terceiro seria interação dos sistemas naturais com o homem. ...o que acontece quando você coloca os dois juntos. Então dentro da teoria de sistemas dinâmicos, complexidade, você sabe que a... dois... Não basta você saber a dinâmica de um e a dinâmica de outro, intrínseca, pra você prever qual que vai ser a dinâmica da interação, a dinâmica da interação é uma coisa além, tem mais coisa do que tem dentro deles. Então seria, estudar sistemas na interação. Quais seriam as trocas, os fluxos... As coisas que são medidas. Como que eles se comportam, quando se tem diferentes condições.</p>
SUI.03.E	<p>trocas gasosas de gás carbônico e vapor d'água entre a biosfera e a atmosfera. ... .. Posso seguir para o segundo? ... Fração evaporativa em ecossistemas florestais.</p> <p>Terceiro. ... .. Metabolismo de ecossistemas florestais.</p> <p>Uso de traçadores isotópicos para a compreensão e entendimento de metabolismos de ecossistemas florestais. Interação biofísica na paisagem da amazônica central como determinantes da variação espacial de gás carbônico.</p>
SUI.04.E	<p>Um tópico (em física ambiental)... é, a... se... (quer dizer) é um tópico também, muito filosófico, é... se perturbação no sistema climático possa nos levar, o planeta Terra, a ser inabitável numa escala de tempo de milhares de anos. (...) até (...) muito pequena.</p>

O quadro a seguir (quadro 1) relaciona os temas citados pelos pesquisadores entrevistados:

**Quadro 1 – Temas de pesquisa citados pelos especialistas.**

		SUJ.01.I	SUJ.02.I	SUJ.03.E	SUJ.04.E
<b>Ordem de evocação dos temas</b>	1º	Uso da terra.	Dinâmica dos ecossistemas.	Trocas de CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O entre a biosfera e a atmosfera.	Perturbação do sistema climático global
	2º	Mudanças climáticas e seus efeitos sobre o balanço de energia e os ciclos de H <sub>2</sub> O e CO <sub>2</sub> .	Interação entre sistemas.	Fração evaporativa em ecossistemas florestais.	-
	3º	Fontes e sumidouros de CO <sub>2</sub> .	Interação dos sistemas naturais com o homem.	Metabolismo de ecossistemas florestais.	-
	4º	Manejo da água.	-	Traçadores isotópicos do metabolismo de ecossistemas florestais.	-
	5º	Ciclos de nutrientes.	-	Variação espacial de CO <sub>2</sub> .	-

Em adição as perguntas formuladas cujas respostas estão sintetizadas nas tabelas acima, constatou-se o aparecimento de falas recorrentes que apontam caminhos para o desenvolvimento futuro da FA, que são expostas na tabela 8.

**Tabela 8 - Visão sistêmica e complexidade.**

Sujeito	Resposta
SUJ.01.I	...eles têm um ponto de vista diferente e eu acho que todo mundo pode crescer mais com vários pontos de vista diferentes, eles pensam sobre energia, gradiente, gradiente em potencial, eu penso sobre as coisas biológicas, essa entrevista aqui é boa pra entender o pensamento dos pesquisadores, e podemos aprender mais sobre talvez, um pouco... pode continuar, mudar, que é importante, que tipo de (mudar que me ajudará a entender talvez o grupo fazer mais), entender mais sobre o grupo agora, digo intenções deles, e então, são vários tipos de pesquisa que a gente pode fazer dentro da física ambiental, mas em realidade a maioria da pesquisa não é

	física básico, eu acho que os físicos lá também concordam.
SUJ.02.I	Agora, pra você formar uma teoria, você precisa de uma... uma, digamos assim, uma ciência, você precisa de um paradigma, que dê conta do... é.. do:: tipo de objeto de pesquisa que você tem: que são os sistemas abertos, fora do equilíbrio, e que não são objetos de investigação ou de compreensão das ciências tradicionais, então você tem que lançar mão de... ahn, digamos assim, um novo conjunto, um novo corpo de conhecimentos pra dar conta disso.
SUJ.03.E	Só me dá um segundo ai... Não tem geologia, não estuda, mas é uma bio, também não é só biogeoquímica, tem, uma biogeo física, se eu pudesse inventar esse termo então, tomara que já exista em algum lugar, (o geo é alemão?), nossa biblioteca virtual Google se já existe isso, mas ahn, seria a biologia a física e também o solo que, onde, que tá sob os pés ou que tá inserido os sistemas que nós trabalhamos, então seria acho que englobaria as três, essas três componentes né, a biologia a geologia e a física, ou a geofísica.
SUJ.04.E	...conforme os anos vão passando os meus interesses pra... muito mais... o que a gente chamaria de interdisciplinares ou transdisciplinares, então eu tenho trabalhado com alunos em questões que não são muito relacionadas com a minha pesquisa anterior... por exemplo eu tenho uma aluna de doutorado, que está trabalhando, ela é... tem formação em psicologia, mestrado em psicologia, tá fazendo doutorado, nesse programa que eu ajudei a criar no INPE, ciências do sistema terrestre, que é também a aplicação de sistemas complexos, não do ponto de vista teórico-matemático de atratores mas, a pesquisa que se faz nesse programa do INPE, é a pesquisa ciências em dos sistemas... sistemas complexos, é... e, ela trabalha com a questão de padrão de consumo, da sociedade brasileira, quão sustentável é esse padrão, qual que é o impacto desse padrão nas mudanças ambientais globais... .. bom, ah... ainda tem grandes questões, assim, da minha linha de pesquisa tradicional, tem muito o que entender ainda como funciona, funcionam os ecossistemas amazônicos, como ponderar as (mudanças) climáticas globais, se nós corremos o risco de um colapso da floresta amazônica, do cerrado....

Embora não tenha sido perguntado diretamente sobre a importância da Teoria da Complexidade como um caminho para os estudos dos fenômenos naturais,

das respostas as questões das entrevistas emerge uma abordagem clara que enfatiza a visão sistêmica que deve permear os objetos de estudo. Isso posto, vale ressaltar que os sistemas naturais são abertos e a necessidade de conhecimento dos mesmos passa pela compreensão das suas dinâmicas e interações.

Há ainda elementos comuns nas respostas dos entrevistados que permitem o agrupamento destas em categorias cujos significados remetem a cinco dimensões ou temas inter-relacionáveis: “Física”, “Ciências Ambientais”, “Física Ambiental”, “Sistema Ambiental” e “Sociedade”.

Os aspectos (categorias) desses temas são apresentados na tabela 9, assim como as respostas sintéticas que lhes fundamentam.

**Tabela 9 – Dimensões emergentes (temas centrais) a partir das respostas dos entrevistados**

Tema	Aspectos evidenciados a partir das respostas dos entrevistados
Física	<p><b>Base para ciências do meio ambiente</b></p> <p>(P01.3.1) A Física e a Química estão na base do conhecimento biológico: a compreensão desses saberes permite um maior entendimento dos processos biológicos.</p> <p>(P01.5.4) Apesar de a Física estar na base do entendimento sobre o ambiente, o aspecto social (ação humana) sobre os ecossistemas é um fator que deve compor o escopo das ciências ambientais.</p> <p>(P03.3.2) A “ciência do ambiente” depende da Física.</p> <p>(P04.3.4) Ciências Ambientais estão relacionadas a um entendimento profundo da Física.</p> <p><b>Possibilidades da Física nas ciências ambientais</b></p> <p>(P01.6.6) Um grupo de pesquisa com base forte em Física permite pontos de vista diferenciados sobre os objetos de estudo. Há um amplo leque de pesquisas na área.</p> <p>(P02.5.5) É preciso estabelecer conexões entre leis físicas universais (como a conservação da energia e a conservação da quantidade de movimento), e os dados ambientais obtidos.</p> <p>(P02.6.6) A Física Ambiental deveria estudar os ecossistemas, com ênfase nas leis e princípios da Física, incorporando esses conceitos para o entendimento de questões ambientais, como o funcionamento do clima, as mudanças climáticas e as interações dos ecossistemas com a atmosfera.</p> <p>(P03.3.4) A Física propicia, com suas teorias, ferramentas para a instrumentação ambiental.</p> <p>(P03.3.6) A Física dá capacidade preditiva das condições futuras do ambiente (e estas</p>

	<p>terão implicações para a vida em sociedade).</p> <p>(P03.5.8) A compreensão física dos fenômenos, traduzida pragmaticamente, permite o desenvolvimento de ferramentas aplicadas nas ciências ambientais.</p> <p>(P04.5.9) A Física se manifesta dentro do ambiente natural (não como uma disciplina científica, mas como uma dinâmica de interações <b>interna ao ambiente</b>).</p> <p><b>Questionamento amplo do Universo</b></p> <p>(P02.3.1) A Física é a ciência que se propõe a entender o universo (incluindo a vida).</p> <p>(P04.3.1) A Física é o elemento central (dentro do conhecimento científico). Ela é fundamental para entendermos o universo.</p> <p>(P02.3.2) A compreensão da Física dá às pessoas novas visões sobre as coisas.</p> <p><b>Limitações frente ao sistema ambiental</b></p> <p>(P03.3.3) A Física possui limitações, pois assume simplificações diante de um sistema complexo (ambiental).</p> <p>(P04.3.2) A vida é uma questão que escapa ao poder explicativo da Física.</p> <p>(P04.3.3) Outras coisas importantes que desafiam o escopo da Física e da própria Biologia (que estuda a vida) são: a inteligência, a cognição e o desenvolvimento das linguagens.</p> <p><b>Empresa humana</b></p> <p>(P03.3.1) Há necessidade de uma boa Física, ou seja, aquela que: 1) apresenta teorias rebatidas pelos pares e comprovada e 2) que tenha aplicabilidade.</p>
<p>Ciências Ambientais</p>	<p><b>Área multidisciplinar / Intersecção entre ciências sociais e da natureza</b></p> <p>(P01.4.2) As ciências ambientais não tem foco único. Entender o sistema ambiental é uma demanda multidisciplinar.</p> <p>(P02.4.5) Nas ciências ambientais não há fronteiras bem definidas (entre as disciplinas científicas).</p> <p>(P04.4.5) Não existe uma ciência ambiental no singular.</p> <p>(P02.4.7) As ciências ambientais articulam disciplinas científicas de enfoque natural, como a biologia e a climatologia, e questões eminentemente humanas, como os costumes, a cultura e políticas públicas.</p> <p>(P04.4.6) A ciência ambiental, enquanto corpo de conhecimento (ou disciplina intelectual, conforme Toulmin), precisa quebrar o paradigma da superespecialização. Ela (ciência ambiental) seria uma intersecção inteligente (racional, “razoável”...) entre disciplinas das ciências naturais e das ciências sociais.</p> <p>(P04.5.8) O ambiente natural surge no acoplamento de um meio físico (abiótico) com o meio biótico.</p> <p>(P01.5.4) Apesar de a Física estar na base do entendimento sobre o ambiente, o aspecto social (ação humana) sobre os ecossistemas é um fator que deve compor o escopo das ciências ambientais.</p> <p>(P04.6.10) O ambiente é um sistema complexo. Mesmo modelos ambientais exitosos, desenvolvidos na perspectiva da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no</p>

	<p>sistema ambiental) ainda precisam avançar.</p> <p>(P03.6.9) Não classificaria as pesquisas em nosso âmbito como “física ambiental”. Proponho a denominação “biogeofísica”, considerando os aspectos físicos, biológicos e do solo nestes trabalhos.</p> <p><b>Forte dependência da Física</b></p> <p>(P01.6.6) Um grupo de pesquisa com base forte em Física permite pontos de vista diferenciados sobre os objetos de estudo. Há um amplo leque de pesquisas na área.</p> <p>(P03.3.2) A “ciência do ambiente” depende da Física.</p> <p>(P03.5.8) A compreensão física dos fenômenos, traduzida pragmaticamente, permite o desenvolvimento de ferramentas aplicadas nas ciências ambientais.</p> <p>(P04.3.4) Ciências Ambientais estão relacionadas a um entendimento profundo da Física.</p> <p><b>Em desenvolvimento</b></p> <p>(P01.4.3) São pesquisas básicas (as realizadas nas ciências ambientais).</p> <p>(P02.4.4) Ainda encontram-se em uma fase indutiva (as ciências ambientais).</p> <p>(P02.4.6) As ciências ambientais ainda estão se estruturando (enquanto disciplinas científicas).</p> <p><b>Preocupação em relação ao elemento humano</b></p> <p>(P02.4.3) As ciências ambientais visam compreender as relações entre os ecossistemas, o clima e o homem.</p> <p>(P03.3.5) A ciência ambiental trabalha para a qualidade de vida das pessoas.</p> <p>(P03.4.7) É tarefa das ciências ambientais resgatar a relação fundamental (mas esquecida) entre a Física e a Biologia (vida), pois os seres são parte integrante de um meio que responde a “forçantes” físicas.</p>
<p>Física Ambiental</p>	<p><b>Disciplina científica em estruturação</b></p> <p>(P01.6.5) Nossa pesquisa (em Física Ambiental) é mais focada em ecologia do que propriamente em física.</p> <p>(P03.6.9) Não classificaria as pesquisas em nosso âmbito como “física ambiental”. Proponho a denominação “biogeofísica”, considerando os aspectos físicos, biológicos e do solo nestes trabalhos.</p> <p>(P04.4.5) Não existe uma ciência ambiental no singular.</p> <p><b>Desafios e fatores a considerar</b></p> <p>(P01.6.7) Entender como pensam os pesquisadores em “física ambiental” pode indicar caminhos de mudança ou de continuidade.</p> <p>(P02.6.6) A Física Ambiental deveria estudar os ecossistemas, com ênfase nas leis e princípios da Física, incorporando esses conceitos para o entendimento de questões ambientais, como o funcionamento do clima, as mudanças climáticas e as interações dos ecossistemas com a atmosfera.</p> <p>(P02.5.5) É preciso estabelecer conexões entre leis físicas universais (como a conservação da energia e a conservação da quantidade de movimento), e os dados</p>

	<p>ambientais obtidos.</p> <p>(P03.3.2) A “ciência do ambiente” depende da Física.</p> <p>(P03.3.3) A Física possui limitações, pois assume simplificações diante de um sistema complexo (ambiental).</p> <p>(P03.3.6) A Física dá capacidade preditiva das condições futuras do ambiente (e estas terão implicações para a vida em sociedade).</p> <p>(P04.5.8) O ambiente natural surge no acoplamento de um meio físico (abiótico) com o meio biótico.</p> <p>(P04.5.9) A Física se manifesta dentro do ambiente natural (não como uma disciplina científica, mas como uma dinâmica de interações interna ao ambiente).</p> <p>(P04.6.10) O ambiente é um sistema complexo. Mesmo modelos ambientais exitosos, desenvolvidos na perspectiva da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no sistema ambiental) ainda precisam avançar.</p>
<p>Sistema Ambiental</p>	<p><b>Complexidade e fator humano</b></p> <p>(P04.6.10) O ambiente é um sistema complexo. Mesmo modelos ambientais exitosos, desenvolvidos na perspectiva da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no sistema ambiental) ainda precisam avançar.</p> <p>(P04.5.8) O ambiente natural surge no acoplamento de um meio físico (abiótico) com o meio biótico.</p> <p>(P04.4.7) A ação humana pode perturbar o sistema ambiental em magnitude equiparável à “forças” naturais que operam em escala geológica ou mesmo à evolução biológica.</p> <p><b>Abordagem estritamente física insuficiente</b></p> <p>(P03.3.3) A Física possui limitações, pois assume simplificações diante de um sistema complexo (ambiental).</p> <p>(P03.6.9) Não classificaria as pesquisas em nosso âmbito como “física ambiental”. Proponho a denominação “biogeofísica”, considerando os aspectos físicos, biológicos e do solo nestes trabalhos.</p> <p>(P04.5.9) A Física se manifesta dentro do ambiente natural (não como uma disciplina científica, mas como uma dinâmica de interações interna ao ambiente).</p> <p>(P02.5.5) É preciso estabelecer conexões entre leis físicas universais (como a conservação da energia e a conservação da quantidade de movimento), e os dados ambientais obtidos.</p>
<p>Sociedade</p>	<p><b>Componente consciente e modificador do sistema ambiental</b></p> <p>(P04.4.7) A ação humana pode perturbar o sistema ambiental em magnitude equiparável à “forças” naturais que operam em escala geológica ou mesmo à evolução biológica.</p> <p>da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no sistema ambiental) ainda</p>

precisam avançar.

(P04.6.10) O ambiente é um sistema complexo. Mesmo modelos ambientais exitosos, desenvolvidos na perspectiva da complexidade, ainda não comportam a dimensão humana. Esses trabalhos e o debate sobre as implicações do elemento humano (no sistema ambiental) ainda precisam avançar.

#### Orienta disciplinas científicas para a reflexão: sociedade-ambiente

(P03.3.5) A ciência ambiental trabalha para a qualidade de vida das pessoas.

(P03.3.6) A Física dá capacidade preditiva das condições futuras do ambiente (e estas terão implicações para a vida em sociedade).

(P03.4.7) É tarefa das ciências ambientais resgatar a relação fundamental (mas esquecida) entre a Física e a Biologia (vida), pois os seres são parte integrante de um meio que responde a “forçantes” físicas.

(P04.3.3) Outras coisas importantes que desafiam o escopo da Física e da própria Biologia (que estuda a vida) são: a inteligência, a cognição e o desenvolvimento das linguagens.

(P04.4.6) A ciência ambiental, enquanto corpo de conhecimento (ou disciplina intelectual, conforme Toulmin), precisa quebrar o paradigma da superespecialização. Ela (ciência ambiental) seria uma intersecção inteligente (racional, “razoável”...) entre disciplinas das ciências naturais e das ciências sociais

(P04.3.2) A vida é uma questão que escapa ao poder explicativo da Física.

### 4.3. ANÁLISE DE CONTEÚDO/ANÁLISE LEXICAL

O ALCESTE identificou a presença de três classes distintas de discursos nos resumos dos trabalhos analisados. A distribuição das UCEs em função das classes encontradas é apresentada na figura 17.

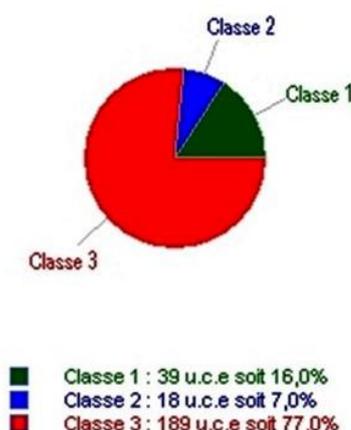


Figura 17 - Distribuição das UCEs nas classes de discursos identificadas nos trabalhos da PGFA.

Percebe-se a existência de uma classe hegemônica que agrega a maioria (77%) das UCEs resultantes do particionamento do corpus original. Há, portanto, dois conjuntos de discursos que buscam se diferenciar de um eixo temático principal. As análises subsequentes permitem a caracterização dessas classes.

O grafo da análise hierárquica descendente (figura 18) indica como as classes relacionam-se entre si e apresenta os agrupamentos de lexemas (radicais de palavras) que mais e menos aderem às classes discursivas. Na figura, os conjuntos superiores de lexemas são os mais representativos dos vocabulários próprios de cada classe, enquanto que os conjuntos inferiores praticamente inexistem nesses discursos. A interpretação desses elementos textuais permite uma caracterização inicial dos discursos.

A leitura dos resultados sugere que a classe 1 (16% das UCEs) está associada à análise dos dados microclimáticos da área de transição entre o cerrado e a floresta amazônica, enquanto a classe 2 (72% das UCEs) estuda o sequestro e emissão de carbono pelos elementos bióticos que compõem o ecossistema (vegetação e organismos no solo), bem como a observância de variáveis que regulam esses processos, como a umidade e a temperatura.

Na classe 3 são mais evidentes os termos relativos aos balanços de massa e energia, como o fluxo de calor latente e sensível e a evapotranspiração.

A classificação hierárquica descendente (figura 18), aponta os lexemas (ou radicais de palavras) mais e menos característicos de cada uma das classes, além de indicar que as classes 1 e 2 apresentam discursos mais próximos entre si do que para com a classe 3.

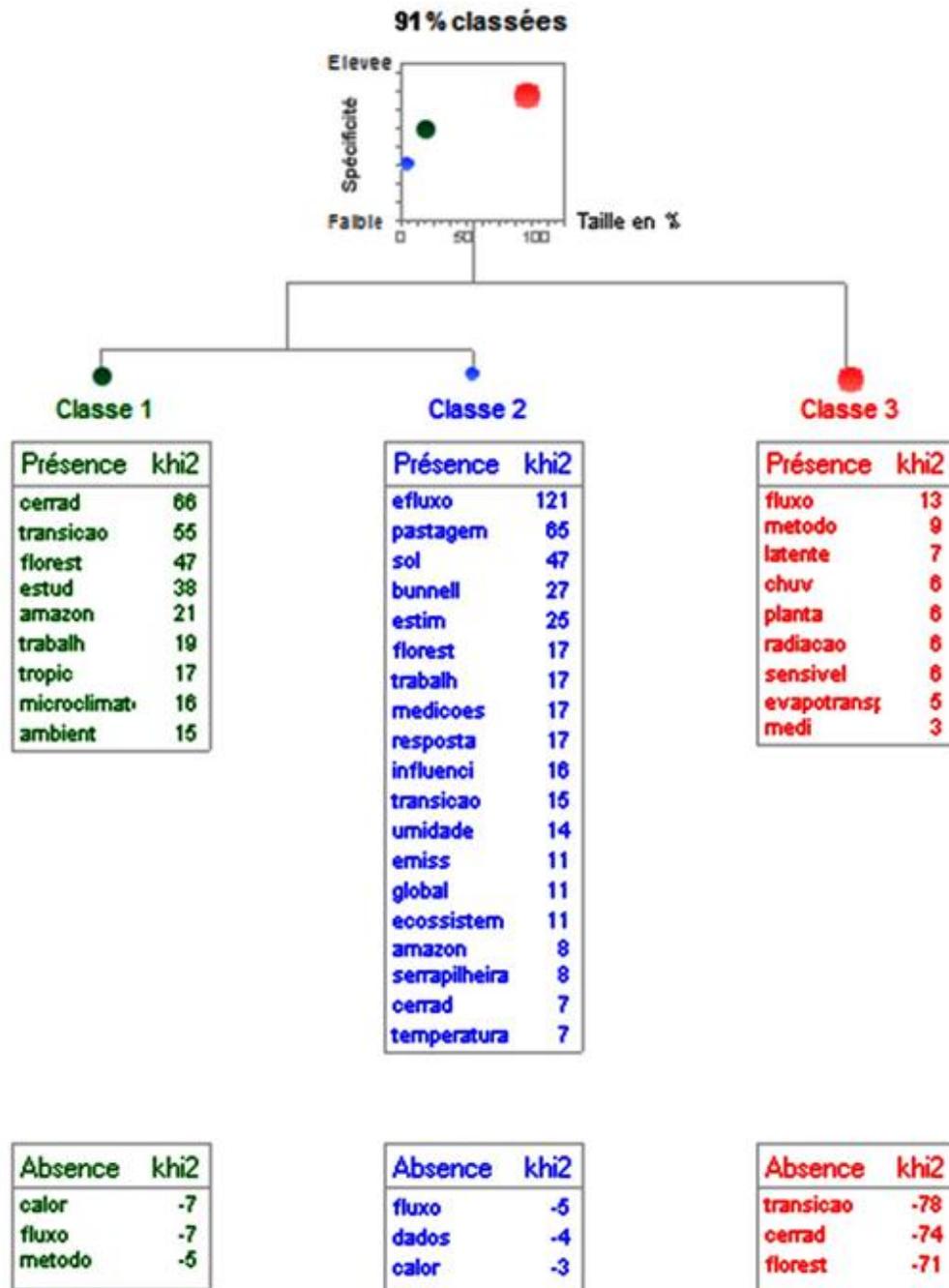


Figura 18 - Resultados da análise lexical

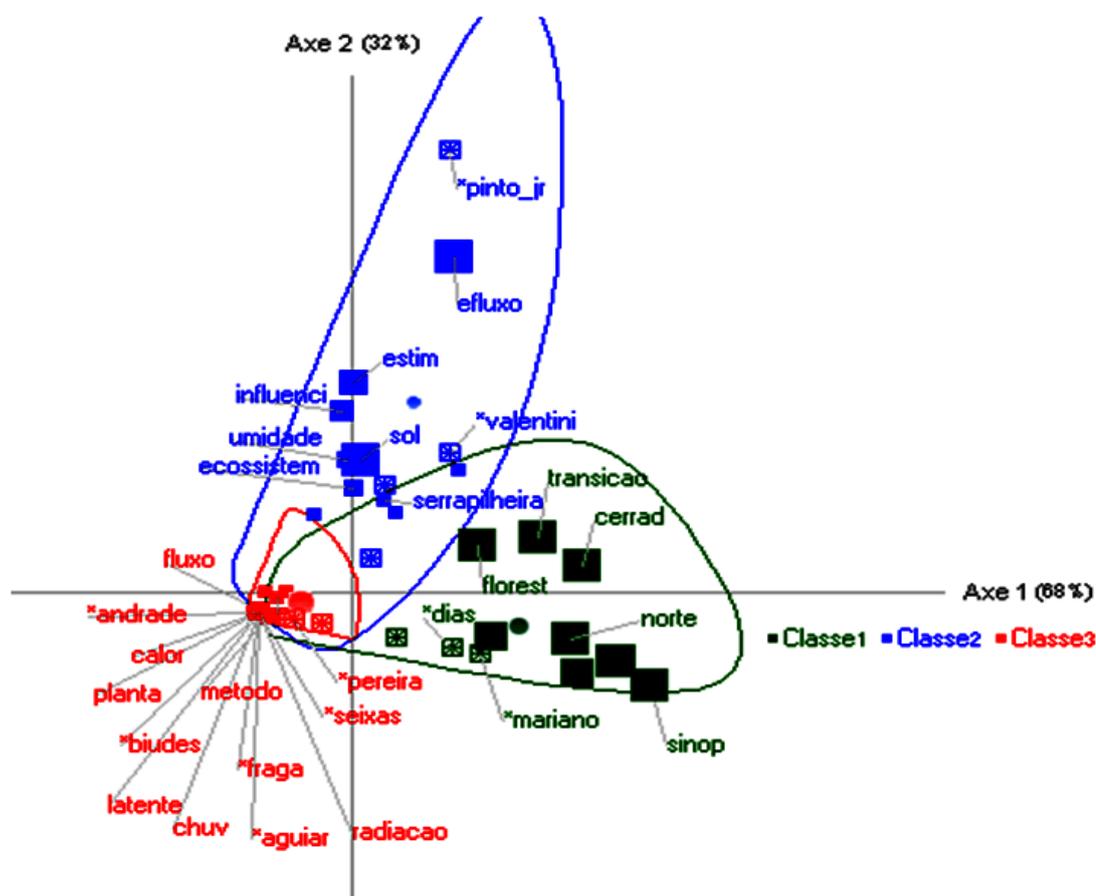


Figura 19 - Análise fatorial por correspondência

A análise fatorial por correspondência (figura 19) ilustra a relação entre os conceitos mais característicos de cada classe, além dos discursos típicos, ou seja, os que são representativos das classes em que entre as UCEs classificadas foram distribuídas.

Com esse último resultado, é possível delinear mais claramente a caracterização das classes discursivas. Essa categorização é apresentada logo a seguir, juntamente com fragmentos de texto<sup>8</sup> que compõem algumas das UCEs definidoras dos discursos típicos dessas classes.

<sup>8</sup> Esses fragmentos de texto foram extraídos do relatório emitido pelo ALCESTE, apresentando assim ausência de acentuação e falhas de pontuação, bem como caracteres e informações adicionadas pelo programa.

### **Classe 1: “Teoria da Complexidade no estudo de séries temporais”**

Esta classe está relacionada a estudos realizados na floresta de transição, envolvendo séries temporais associadas à modelagem por teoria da complexidade, enfocando principalmente a interação entre solo (fluxo de calor), planta (índice de área foliar) e atmosfera (micrometeorologia).

#### **Quadro 2 - Discursos representativos da classe 1**

*“...análise de séries temporais de variáveis microclimatológicas medidas em SINOP-MT utilizando a teoria da complexidade. O presente estudo foi realizado em uma floresta de transição entre cerrado e floresta tropical úmida no norte de Mato Grosso, e consiste em reconstruir a dinâmica da floresta por séries temporais levando em conta o caráter não linear do ambiente” (uce nº 265, Khi2 = 4, uci nº 35)*

*“...um estudo sobre a dinâmica de sistemas complexos a partir de séries temporais de dados microclimatológicos para uma floresta de transição no noroeste de Mato Grosso.” (uce nº 142, Khi2 = 26, uci nº 19)*

### **Classe 2: “CO2 no solo, dinâmica dos vegetais e composição de serrapilheira”**

Aqui temos, principalmente, estudos do sequestro de carbono, associados a um posicionamento favorável às considerações relacionadas às mudanças climáticas globais.

#### **Quadro 3 - Discursos representativos da classe 2**

*“...e o efluxo de CO2 do solo na área de/ pastagem foi superior ao na floresta de transição. É essencial que se avalie a influência de/ outros fatores no efluxo de CO2 em ecossistemas localizados em um mesmo ecotono para a/ obtenção de novas respostas que contribuam para esclarecer as dúvidas emissão de CO2/ atmosférico a nível mundial” (uce nº 175, Khi2 = 27, uci nº 22)*

*“assim-como para prever as mudanças que possivelmente ocorrerão no ciclo de carbono se não houver a preservação desta floresta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do microclima desta região de floresta de transição sobre o efluxo de CO2 do solo.” (uce nº 2, Khi2 = 13, uci nº 4)*

*“na escala local, os ecossistemas possuem componentes que estocam e trocam carbono entre si e com a atmosfera. neste contexto, no presente trabalho buscaram-se medições de respiração do solo, umidade e temperatura na estação de transição seca úmida do ano de 2004, setembro a novembro” (uce nº 149, Khi2 = 26, uci nº 20)*

### **Classe 3: “Balanço de energia”**

As pesquisas associadas a estas UCEs voltam-se também a questão do efluxo, mas com um discurso mais neutro em relação a ideologia das mudanças climáticas globais, tratando principalmente de componentes dos balanços de massa e energia nos ecótonos associados a Floresta Amazônica e Pantanal Mato-grossense.

**Quadro 4 - Discursos representativos da classe 3**

*“... enquanto a energia convertida em fluxo de calor sensível foi aproximadamente 16% superior na estação seca. O pico máximo de evapotranspiração real ocorreu em março e dezembro.” (uce nº 19, Khi2 = 7, uci nº 3)*

*“... ao comparar os dados de fluxo de CO2 com uma floresta nativa, ambos tiveram o mesmo comportamento na estação chuvosa, que foi a estação que ocorreram os maiores picos e para o fluxo de calor latente e sensível.” (uce nº 119, Khi2 = 15, uci nº 15)*

*“... embora o fluxo de calor sensível, durante os períodos e anos analisados, não tenha apresentado mudança significativa, o fluxo de calor latente mostrou grande variação durante os períodos chuvosos, PC, e intermediário chuvoso/ seco, ICS.” (uce nº 111, Khi2 = 6, uci nº 14)*

A análise dos resumos dos trabalhos da PGFA, facilitada pelo ALCESTE, confirmou a preocupação com a análise dos dados obtidos respeitando a complexidade inerente ao sistema ambiental e certa sintonia com o debate das mudanças climáticas globais, mas essas duas dimensões mostraram-se pouco presentes na classe que agrupa a maioria das UCEs. Esta, por sua vez, apresenta ênfase na instrumentação e coleta de informações que permitam a caracterização da dinâmica de massa e energia nos ecossistemas estudados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme estabelecido no objetivo geral deste trabalho, com os resultados obtidos identificou-se uma linha evolutiva de um corpo de conhecimentos acadêmico/científicos que sugere o escopo da FA. Foi possível identificar as raízes desta, bem como uma tendência para o futuro.

Pode-se afirmar, após a análise da literatura básica que serve de aporte para os estudos desenvolvidos, que as raízes da Física Ambiental estão nas Ciências Agrárias, o que está de acordo com a perspectiva toulminiana segundo a qual, o desenvolvimento histórico das disciplinas científicas pressupõe a existência de conceitos bem estabelecidos.

As Ciências Agrárias, subjacentes à FA, apresentam uma população de conceitos que têm evoluído a partir da Física Clássica e de outras ciências fundamentais como a Química, Biologia e Geologia, incorporando inovações que buscam explicar questões relativas à dinâmica de ecossistemas, trocas de energia, matéria e momento nas diferentes esferas do sistema terrestre, bem como as implicações das mudanças climáticas globais.

Das entrevistas com os especialistas foram obtidas dimensões temáticas e objetos de estudo que podem auxiliar a FA a definir seu papel junto às ciências ambientais. Na perspectiva da epistemologia de Toulmin, são os problemas, as questões-foco e a profundidade com que se busca a resposta a essas questões que vão desenhar as características das disciplinas científicas, assim como a população conceitual que as compõe.

Constata-se, nas concepções dos pesquisadores entrevistados, que a Física Clássica, com suas leis e princípios universais, não dá conta de propiciar os avanços necessários na análise dos objetos de estudo inerentes aos sistemas naturalmente abertos, caracterizados por muitas interações com os elementos que constituem e com outros sistemas.

Em outras palavras, percebe-se, na fala dos especialistas, que “falta algo” para a compreensão dos seus objetos de estudo. Não existe consenso entre os entrevistados acerca do que seria esse “algo”, nem mesmo terminologia comum para sua melhor identificação. Contudo, a sua descrição envolve termos como “sistemas complexos”, “sistemas abertos”, “fora do equilíbrio” e “interdisciplinaridade”. Ou seja, existe uma percepção, por parte dos pesquisadores, de que os elementos que tem potencialmente o papel de preencher a lacuna representada por esse “algo” são aqueles que estão a compor a Teoria da Complexidade. Tal resultado também emerge na análise das dissertações do PPGFA ao identificar uma classe de trabalhos cujos discursos indicam a incorporação de elementos da Teoria da Complexidade.

A análise estatística indicou ainda que a classe hegemônica dentre as três identificadas, apresenta uma influência leve da ideologia associada ao discurso das mudanças climáticas globais e enfatiza questões associadas a instrumentação e ecologia de ecossistemas.

A questão humana, mais especificamente a influência da ação antrópica sobre a configuração dos sistemas ambientais, destacada pelos referentes, se mostra ainda pouco evidente nas pesquisas produzidas no PPGFA. Segundo os especialistas entrevistados, o diálogo entre as ciências sociais e naturais ainda é um desafio a ser superado.

A Teoria da Complexidade, por outro lado, tem se dedicado já há algum tempo a investigar mesmo os sistemas nos quais o elemento humano está inserido. Esse viés, que tem se desenvolvido na PPGFA, pode ajudar a definir o status da FA no conjunto das ciências ambientais.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.1. BIBLIOGRAFIA CITADA

ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S.. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 70-83, 1999.

ARMSTRONG, A. H. **Introducción a la filosofía antigua**. Eudeba, 1993.

ABARBANEL, H. D. I. et al. The analysis of observed chaotic data in physical systems. **Reviews of modern physics**, v. 65, n. 4, p. 1331, 1993.

BALDOCCHI, D. D.; VERMA, S. B.; ROSENBERG, N. J. Mass and energy exchanges of a soybean canopy under various environmental regimes. **Agronomy journal**, v. 73, n. 4, p. 706-710, 1981.

\_\_\_\_\_; HINCKS, B. B.; MEYERS, T. P. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. **Ecology**, p. 1331-1340, 1988.

\_\_\_\_\_; GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. Amazonian Deforestation and Climate. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 84, n. 1, p. 173-174, 1997.

\_\_\_\_\_; FALGE, E.; WILSON, K. A spectral analysis of biosphere-atmosphere trace gas flux densities and meteorological variables across hour to multi-year time scales. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 107, n. 1, p. 1-27, 2001.

\_\_\_\_\_; WILSON, Kell B. Modeling CO<sub>2</sub> and water vapor exchange of a temperate broadleaved forest across hourly to decadal time scales. **Ecological Modelling**, v. 142, n. 1, p. 155-184, 2001.

BLAKE, D.; ROBSON, R. **Physical principles of meteorology and environmental physics: global, synoptic and micro scales**. World Scientific, 2008.

BOEKER, E.; VAN GRONDELLE, R. **Environmental Physics: Sustainable Energy and Climate Change**. John Wiley & Sons, 2011.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto. Portugal. Porto Editora. 1994. 338f.

BRAGA, M.; REIS, J. C. **Breve história da Ciência moderna, volume I: convergência de saberes**. Jorge Zahar Editor Ltda. 2005.

BUCKINGHAM, W. **O livro da Filosofia**. São Paulo: Globo, 2011.

BUNGE, M. **La ciencia: su método y su filosofía**. Siglo veinte, 1972.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. **An introduction to environmental biophysics**. Springer, 1998.

CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. **Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 46, p. 9-17, 2005.

CHAMIZO GUERRERO, J. A. Las aportaciones de toulmin a la enseñanza de las ciencias. In: **Enseñanza de las Ciencias**. 2007.

CHESMAN, C.; MACEDO, A.; ANDRE, C.. **Física Moderna Experimental e Aplicada**. Editora Livraria da Física, 2004.

COMELLAS, J. L. **Historia sencilla de la ciencia**. Ediciones Rialp, 2007.

DARWIN, C. On the Origin of Species. 1859.

DIELS, H., KRANZ, W. **Die fragmente der vorsokratiker**. Weidemann. 1969.

DONCEL, M. G. De la evolución de las especies a la evolución de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 1, n. 1, p. 54-57, 1983.

DOS SANTOS, L. C.; DOS SANTOS, E. M. M. A questão da epistemologia na investigação científica. **TECBAHIA - Revista Baiana de Tecnologia**, Camaçari-BA, vol. 19, n. 2-3, maio/dez 2004.

EWING, A. C. **As questões fundamentais da filosofia**. Zahar. 1984.

FARAONI, V. **Exercises in environmental physics**. Springer, 2006.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B., SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics, Volume I: Mainly Mechanics, Radiation, and Heat**. v.I, Basic Books (AZ), 2011.

FLINT, R. **Philosophy as Scientia Scientiarum: And, A History of Classifications of the Sciences**. W. Blackwood and Sons, 1904.

FONTES C. **Breve História da Lógica**. In: Filorbis. Navegando na filosofia [online]. Lisboa; 2001. Disponível em: <<http://afilosofia.no.sapo.pt/Hist.htm>>. Acesso em 28 Abr. 2013.

FORINASH, K. **Foundations of environmental physics: understanding energy use and human impacts**. Island Press, 2010.

GIANNUZZO, A. N. Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. **Sci. stud.**, São Paulo, v. 8, n. 1, Mar. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo>>.

php?script=sci\_arttext&pid=S1678-31662010000100006&lng=en&nrm=iso>.  
Acesso em: 28 Mar. 2013.

HENAO, S. et al. La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 5, n. 1, 2011.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

HILLEL, D. **Environmental soil physics: Fundamentals, applications, and environmental considerations**. Academic press, 1998.

HOEY, J. et al. The epistemology of epidemiology. **CMAJ**, 2002, vol. (2) 166 no. 157.

HUGHES, P.; MASON, N. J. **Introduction to environmental physics: planet Earth, life and climate**. CRC Press, 2001.

HUISMAN, D.; VERGEZ, A. **Curso moderno de filosofia: introdução à filosofia das ciências**. Freitas Bastos. 1967.

JAQUE RECHEA, F.; AGUIRRE DE CARCER, I. **Bases de la física medioambiental**. Ariel, 2000.

JORGE NETO, M. et al. **As ciências naturais na modernidade**. 1. ed. Cuiabá: EdUFMT/UAB, 2008. v. 01. 96p.

KUHN, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 1st. ed., Chicago: Univ. of Chicago Pr., 1962.

KRONBERGER, N.; WAGNER, W. **Palavra-chave em contexto: análise estatística de textos**. In. BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Edit). Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático. Tradução de Pedrinho Guareschi. 2 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003. p. 416-441.

LARRIEU, A. C. **Elementos de epistemología**. Ediciones Trilce, 2002.

LIMA, P. G. Ciência E epistemologia: Reflexões necessárias à pesquisa educacional. **Quaestio: revista de estudos em educação**, v. 12, n. 2, 2011.

MATURANA, H.; VARELA, F. **De máquinas e seres vivos: autopoiese, a organização do vivo**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

MASSONI, N.T. Epistemologias do século XX. **Textos de apoio ao professor de Física**, Programa de Pós-Graduação, Instituto de Física – UFRGS, 16(3): 21- 68, 2005.

MONTEITH, J.; UNSWORTH, M. **Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere**. Academic Press, 2013.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. **Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de lápis e papel**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

MOREIRA, M. A.; PAULO, I. J. C. . **Fundamentos Epistemológicos de Humberto Maturana e Stephen Toulmin**. 1. ed. Cuiabá: , 2010. v. 1. 38p .

MORENTE, M. G.; BENGOCHEA, J. Z. **Fundamentos de filosofia**. São Paulo: Mestre Jou. 1970.

MURCHO, D. **Epistemologia, teoria do conhecimento e filosofia da ciência**. Crítica. <<http://criticanarede.com/ed72.html>> Acesso em 01/04/2014.

NEWTON, I. **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (mathematical principles of natural philosophy)**. Londres (1687) (1972).

NICOLIS, G. **Introduction of Nonlinear Science**. Cambridge University Press, 1995.

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. **Self-organization in nonequilibrium systems**. 1977.

NICOLIS, C.; NICOLIS, G. **Is there a climatic attractor?** 1984.

\_\_\_\_\_. **Foundations of Complex Systems - Emergence, Information and Prediction**. World Scientific Publishing Co., 2012.

\_\_\_\_\_. **Exploring complexity**. New York, 1989.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias estratégicas**, v. 12, p. 239-258, 2001.

NUSSENZVEIG, H. M. **Complexidade e Caos**. Ed. UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

OECHEL, W. C. et al. Recent change of Arctic tundra ecosystems from a net carbon dioxide sink to a source. **Nature**, v. 361, n. 6412, p. 520-523, 1993.

\_\_\_\_\_. Transient nature of CO<sub>2</sub> fertilization in Arctic tundra. **Nature** (London), v. 371, p. 500-503 1994.

OLSON, G. A. Literary theory, philosophy of science, and persuasive discourse: Thoughts from a neo-premodernist. **Journal of Advanced Composition**, p. 283-309, 1993.

PAVIANI, J. **Filosofia e método em Platão**. Coleção Filosofia. Vol. 132. Edipucrs, 2001.

PAULO, I. J. C. ; PAULO, S. R. ; JORGE NETO, M. . **Introdução à teoria da complexidade**. 1. ed. Cuiabá: Universidade Aberta do Brasil, 2012. v. 1. 73p .

PORLÁN, R. **Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores**. Sevilha, 1989: Universidade de Sevilha. Tese de Doutorado não publicada.

PORTO, C. M. **A física de Aristóteles: uma construção ingênua?** Revista Brasileira de Ensino de Física 31, nº 4, 2010: 4602.

PRÄSS, A. R. **Epistemologias do Século XX**. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

PRIANTE-FILHO, N. et al. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 863-876, 2004.

PRIGOGINE, I. **From being to becoming: Time and complexity in the physical sciences**. San Francisco: WH Freeman, 1980.

PROENÇA ROSA, C. A. **História da ciência: da Antiguidade ao Renascimento Científico**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, v.1, 2010.

QUARANTA, M. **O ponto de vista sistêmico: a antiga physis grega ressurge nos sistemas ambientais**. Revista Gaia Scientia 2, nº. 2, 2008.

RODRÍGUEZ GÓMEZ, G; GIL FLORES, J.; GARCÍA JIMÉNEZ, E. Tradición y enfoques en la investigación cualitativa. **Rodríguez-Gómez, G., J. Gil-Flores y E. García-Jiménez. Metodología de la Investigación Cualitativa**. Editorial Aljibe, España, p. 81-100, 1999.

ROSE, C. W. **An introduction to the environmental physics of soil, water and watersheds**. Cambridge University Press, 2004.

SMITH, C. **Environmental physics**. Psychology Press, 2001.

SOUSA, P. L. R. et al. Epistemologia: quem precisa dela?. **Rev. Bras. psiquiatria**, v. 26, n. 3, p. 212-213, 2004.

TOULMIN, S. E. **Human Understanding, volume 1: The Collective Use and Development of Concepts**. Oxford: Clarendon Press, 1972.

\_\_\_\_\_. **La comprensión humana. I - El uso colectivo y evolución de los conceptos**. Madrid: Alianza Editorial, 1977.

VERMA, S. B. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. **Remote sensing reviews**, v. 5, n. 1, p. 99-115, 1990.

VOURLITIS, G. L. et al. Seasonal variations in the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a mature Amazonian transitional tropical forest (cerradao). **Functional Ecology**, v. 15, n. 3, p. 388-395, 2001.

\_\_\_\_\_. Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water resources research**, v. 38, n. 6, p. 30-1-30-11, 2002.

\_\_\_\_\_. The Sensitivity of Diel CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O Vapor Exchange of a Tropical Transitional Forest to Seasonal Variation in Meteorology and Water Availability. **Earth Interactions**, v. 9, n. 1, 2005.

WALDROP, M. M.. Complexity: **The emerging science and the edge of order and chaos**. Simon & Schuster, 1992.

WALKER, D. A. et al. A major arctic soil pH boundary: implications for energy and trace gas fluxes. **Nature**, v. 394, p. 469-472, 1998.

WHITTAKER, E. **A history of the theories of aether and electricity - the classical theories**. New York: Dover, 1953.

## 6.2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 1.304, aprovado em 06 de novembro de 2001, Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física - Homologado em 04/12/2001, publicado no DOU em 07/12/2001.

BRABO, J. N. C. **Contenido y estructura de representaciones sociales sobre pedagogía y pedagogos en profesores de ciencias**. 2011. 260f. Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciências) – Instituto de Física, Universidad de Burgos, Burgos, 2011.

CORREA, G. F. Aportes Para Un Estudio De La Formacion De La Idea Científica De La Naturaleza En Los Primeros Filósofos Griegos. **Divulgación Electrónica de las Ciencias**. Chile, vol. 23, Fev. 2004. Disponível em: <<http://cabierta.uchile.cl/revista/17/articulos/pdf/edu3.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2013.

ENVIRONNEMENT. In: WIKIPÉDIA, *l'encyclopédie libre*. 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Ambiente&oldid=34428031>>. Acesso em: 28 mar. 2013.

FARR, R. M. **Representações Sociais: a teoria e sua história**. In: GUARESCHI, P. & JOVCHELOVITCH, S. [orgs.]. **Textos em Representações Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2002.

GUARESCHI, P. & JOVCHELOVITCH, S. [orgs.]. **Textos em Representações Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2002.

JODELET, D. **Loucuras e Representações Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2005.

LANE, S. T. M. **Usos e abusos do conceito de Representação Social**. In: SPINK, M. J. P. [org.]. *O conhecimento no cotidiano: as representações sociais na perspectiva da psicologia social*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

MOSCOVICI, S. *La psychanalyse, son image, son public*. University Presses of France, 1961/1976.

\_\_\_\_\_. **A máquina de fazer deuses**. Rio de Janeiro: Imago Editora. 1990.

\_\_\_\_\_. **Representações Sociais: investigações em psicologia social**. Petrópolis: Vozes, 2004.

PHYSIS. In: **ENCICLOPEDIA Filosófica Symploké**. 2009. Disponível em: <<http://symploke.trujaman.org/index.php?title=Physis>> . Acesso em: 27 mar. 2013.

SPINK, M. J. P. [org.]. **O conhecimento no cotidiano: as representações sociais na perspectiva da psicologia social**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

## ANEXOS

### Transcrições das entrevistas com os especialistas

#### Texto 1: SUJ.01.I

C. Atualmente como que você descreveria a sua atividade científica atual? O que você trabalha o que você pesquisa?

G. Eu não... mais um generalista. Mas eu acho que eu preciso pensar sobre as minhas palavras pra descrever. Eu acho que a biogeoquímica. Por que a pesquisa sobre o fluxo de  $CO_2$  por exemplo é só parte do ciclo de biogeoquímica, as pesquisas sobre o ciclo de nutrientes é só o ciclo de biogeoquímica, e água também, então a maioria da minha pesquisa é na área de biogeoquímica.

C. E a física? Como que você situa, vê a física dentro do conhecimento científico? A sua opinião.

G. É, todos os processos biológicos tem na base a química e a física. (redes) de água, fluxos de massa e energia, troca de energia do... por exemplo, do... (?), (a fuga), esse processo da transferência de energia é um processo físico, então a física é básica para todos esses processos. E os mecanismos para vários processos tem uma base na física. Então por exemplo pra mim a biogeoquímica, ... o processo de (desnitrificação 7:09) por exemplo, é um processo biológico, mas os micro-organismos fazem esse processo só pra ganhar energia, por que ... amônia, quando eles oxidaram pra nitrato é pra ganhar energia, mesma coisa com a fixação de nitrogênio por exemplo, a bactéria precisa gastar muita energia pra quebrar as ligações do nitrogênio atmosférico e ele vai fazer isso só quando ele está limitado com nitrogênio, com bastante nitrogênio no solo ele não vai fazer isso porque ele gasta muita energia, então muitos processo da biogeoquímica tem uma base de física, se a gente pode entender a base física fica muito mais fácil para entender o comportamento biológico.

C. Ciências ambientais. O termo ciências ambientais, como que você definiria ou explicaria o campo, o escopo das ciências ambientais?

G. Eu acho é... O escopo é muito grande, por que dentro... são pesquisas básicas, queremos entender a função do sistema ambiental. Por outro lado queremos entender por exemplo o aspecto humano sobre as ciências ambientais. As ciências ambientais

pode acontecer por exemplo dentro desse quarto aqui, ou fora do quarto, no campo, então eu acho que o escopo é muito, muito grande. Não tem um foco é mais um guarda-chuva pra uma grande família de pesquisas (? 9:28).

C. E a física dentro das ciências ambientais?

G. Não, essa é a mesma coisa. Se eu quero entender por exemplo... o comportamento do meio ambiente dentro desse quarto eu preciso entender mais sobre a convecção, condução de energia, a maneira para controlar a quantidade de luz, radiação que está entrando, então a física é base para todos esses negócios, mas por outro lado, talvez a intersecção entre o social, a parte social e a parte do ambiente... da ciência ambiental, é mais uma... pra entender as (coisas) (... 10:23) sobre o uso da terra. Bom essa parte (...) também tem uma base de física, mas o... escopo, do humano sobre a função do ecossistema de (? 10:55) por exemplo, tem uma base de física, quando a gente limpamos... trocamos a floresta por pastagem, o balanço de energia vai mudar. E também chuva, menos evapotranspiração pode diminuir a cobertura de nuvens e diminuir a chuva, mas a escolha pra fazer desflorestamento e mudar pra pastagem ou qualquer coisa é uma coisa do humano, então nós, (11:34 não digo base de física mas ? ...)

C. Você poderia tecer algumas considerações sobre esse termo, física ambiental, nós por exemplo, nas pesquisas que o Miguel fez vemos que ele não é um termo não usual né, o que você acha?

G. Eu acho que, em primeiro lugar esse grupo aqui ele está presente pouca pesquisa em física, então talvez, pesquisa da ecologia, mas todos os processos, por exemplo, a torre para medir o balanço de energia, bom tem uma base de física, eu falei sobre isso, mas em realidade, pra minha experiência é mais uma pesquisa da ecologia, ou talvez ecofisiologia. O negocio sobre a (...) produção de serrapilheira, que nós... é ecologia, SÓ. Tem uma base de física, tudo bem, mas é ecologia, então é a nossa física ambiental, na minha opinião, tem várias pessoas aqui que tem uma base forte na física, eles podem ajudar (a ter decisões no)... de meio, por exemplo, por que, eu tenho base de física, eu tinha um curso de física atmosférica mas, a pesquisa que estou fazendo da contribuição da síntese de nutrientes eles podem,... eles tem um ponto de vista diferente e eu acho que todo mundo pode crescer mais com vários pontos de vista diferentes, eles pensam sobre energia, gradiente, gradiente em

potencial, eu penso sobre as coisas biológicas, essa entrevista aqui é boa pra entender o pensamento dos pesquisadores, e podemos aprender mais sobre talvez, um pouco... pode continuar, mudar, que é importante, que tipo de (mudar que me ajudará a entender talvez o grupo fazer mais), entender mais sobre o grupo agora, digo intenções deles, e então, são vários tipos de pesquisa que a gente pode fazer dentro da física ambiental, mas em realidade a maioria da pesquisa não é física básico (14:34), eu acho que os físicos lá também concordam.

C. Pensando em física ambiental, pense em 5 objetos de estudo que, os primeiros que te vierem à cabeça e que lhe são importantes.

G. Eu acho, aqui no lugar tropical, principalmente no cerrado, eu acho que é importante pra entender mais sobre por exemplo o uso da terra, e os aspectos do uso terrestre sobre as coisas que estamos pesquisando agora, o segundo, precisamos entender mais sobre as mudanças climáticas e possibilidades das mudanças climáticas pra mudar o balanço de energia, ciclo de água, co2 também, terceiro, agora temos poucos dados sobre as fontes e sumidouros de carbono e essa informação é muito importante, porque agora os políticos e ecologistas todo mundo está pensando sobre a maneira pra fazer depósitos por exemplo, ou bolsas por exemplo pra várias pessoas que usam muito os gasodutos de energia fóssil eles precisam pagar, se você está, se você tem o campo de x e você armazenando carbono no solo você talvez pode receber bolsas, tem que estar pensando sobre esse negócio, precisamos entender muito mais os estoques de carbono no solo que (estão) e os sumidouros de carbono... Eu acho que podemos pesquisar mais sobre o manejo de água, por que aqui e qualquer lugar a água, a disponibilidade de água para consumo está diminuindo muito, precisamos pensar mais sobre o ciclo da água, hidrologia, o aspecto das mudanças climáticas e uso de terra pra mudar pra desenvolver interpretações (17:37) por exemplo, eu acho importante, e... e agora, são bastantes.

C. Se você quiser ficar com 4, está bom.

G. São vários projetos dentre as quatro que eu falei, é importante, então são muitas pesquisas que a gente precisa fazer, pra entender os estoques e sumidouros de carbono a gente precisa entender mais, pesquisar mais sobre por exemplo as (elevações 18:14) dos nutrientes entre outras coisas, uma coisa que a gente tem de interessante principalmente no cerrado, que nos próximos 20 anos o quantidade do,

da absorção do nitrogênio vai dobrar ou triplicar e aspecto desse (...) nitrogênio pode mudar completamente a biodiversidade, os ciclos de carbono, ciclos de nutrientes, a produtividade da floresta essas coisas ninguém sabe o (tempo) disso, então eu acho, número 5 é pra entender as mudanças da (atmosfera) principalmente do nível de absorção de nitrogênio sobre as coisas da biodiversidade, produtividade, ciclo de carbono, nutrientes no cerrado.

C. Dessas 5, qual que você acha que seria a mais premente, a mais importante?

G. Eu acho que talvez, talvez, o aspecto do uso da terra, porque o uso da terra pode afetar os estoques de carbono, fontes e sumidouros de carbono, se você tem que ver por exemplo o desflorestamento pra plantar soja ou pastagem ou a maneira pra aumentar o estoque de carbono no solo, você pode fazer duas pesquisas (comuns) e eu acho que esse problema é muito maior, muito maior que os outros problemas, mudanças climáticas estão acontecendo, mas aqui no Brasil, nos locais tropicais em geral, podemos mudar muito a maneira como nós usamos a terra, podemos fazer, podemos mudar essas coisas agora, mas as mudanças climáticas precisamos esperar pra meu país e china pra fazer acordo e acabar o uso dos combustíveis (sujos) né?

C. Das 5, em segundo lugar, depois dessa, qual que você escolheria por ordem de importância? A primeira foi a questão do uso e a segunda?

G. É... Estoque de carbono, mas estão juntos. Fontes e sumidouros de carbono.

C. Terceira?

G. Terceira... .. é, talvez o ciclo de hidrologia mas esse negócio da deposição de nitrogênio é mais ou menos igual, as duas...

C. Você pode colocar empatadas. Você coloria essas três empatadas?

G. Tá bom.

### **Texto 2: SUJ.02.I**

Então, já há algum tempo, pelo menos há dez anos, é... as minhas atividades em termos de pesquisa tem se concentrado em duas frentes, que é a frente da pesquisa em ensino, particularmente em ensino de física, e com a física ambiental, então são, digamos assim, as duas maiores preocupações. Muitas vezes são duas linhas, duas áreas que se entrelaçam, muitas vezes a gente trabalha com, é... com ensino de tópicos de... que estão relacionados com a física ambiental ou, é... digamos assim de

complexidade que é uma área que a gente trabalha dentro da física ambiental... ham... e muitas vezes também dentro da física ambiental nós trazemos questões do ensino, ou seja, como dentro do nome/âmbito(?) física ambiental você fomentar o ensino daqueles conceitos que são importantes pra a área, pra essa física ambiental. Então são as duas principais linhas que a gente tem se dedicado.

Com relação à área de ensino... digamos assim, ahm... o estado geral, né? Uma carência que se tem em termos de educação e ensino no país, principalmente na área de ciências, a gente não tem professores bem formados, tem uma qualidade de ensino de ciências bastante fraca, isso se repercute dentro da universidade em nível de formação de graduação: você tem falhas muito sérias na formação dos futuros profissionais, então, assim, a gente tem que se dedicar um pouco a isso pra tentar minimizar esses problemas. Agora, dentro da física ambiental a gente tem todo um contexto, que na verdade é uma... digamos assim, não uma orientação explícita do programa, mas o programa tá na linha dessa preocupação que eu vou falar, que com relação às mudanças climáticas globais: a gente tá vivendo um tempo, uma época, em que discutir essas questões, estudar as questões que são tratadas aqui, são importantes a nível de humanidade... do global.

A inquietação básica que se tem com relação à FA, é que não se sabe absolutamente nada de como o clima funciona, de como que se dá a interação atmosfera-atmosfera(?), que nem mesmo se a ação antrópica tem afetado o clima da Terra, ou seja, o desconhecimento humano a respeito disso que é uma área tão importante, é muito grande... o desconhecimento, né? A gente sabe extremamente pouco a respeito de funcionamento de ecossistemas, relação disso com o clima, e relação do homem com esses sistemas. A preocupação básica seria tentar construir uma compreensão dos processos que estão envolvidos nisso. Por enquanto a área de... as áreas ambientais... das ciências ambientais, elas estão numa fase muito indutiva ainda, que é o que (...) se acontece quando as pesquisas estão engatinhando numa área, então o que se faz? Se faz muitas medidas, se tem toneladas, né? É... Terabytes de dados de medidas, mas você não tem teoria. Então a gente tem muitas medidas e não tem teoria. Então a grande preocupação é formar a teoria. Agora, pra você formar uma teoria, você precisa de uma... uma, digamos assim, uma ciência, você precisa de um paradigma, que dê conta do... é.. do:: tipo de objeto de pesquisa que você tem: que

são os sistemas abertos, fora do equilíbrio, e que não são objetos de investigação ou de compreensão das ciências tradicionais, então você tem que lançar mão de... ahn, digamos assim, um novo conjunto, um novo corpo de conhecimentos pra dar conta disso.

Não, acho que é fundamental, né? É... Uma... Digamos assim, a Física é aquela ciência que se propõe a entender o universo. Quer dizer, isso, ahn, envolve, entender a própria vida, entender... “como nos somos?”, “de onde viemos?” São questões que estão muito além do que é material, digamos assim, do óbvio, né? Então... é... assim, eu acho que a física é importante pra qualquer ângulo que você olhe, né? (...) As várias dimensões, né... da vida humana. Então acho que é uma ciência fundamental, acho que... na formação de qualquer pessoa, a nível de ensino básico, a física tinha que ser uma disciplina muito forte. Acho que ela... A compreensão da física ela abre muito o ângulo de visão, o campo de visão de uma pessoa.

Pode ser uma fronteira, né? (Onde) que deixa der ambiental... Não é tão fácil responder isso. Eu acho que é uma ciência nova... e ainda está, digamos assim, tentando... encontrar o seu lugar, né? Talvez no futuro nem venha a ser chamada de ciência, mas um viés aí, né? Mas assim... vai além do que é óbvio. Então por exemplo, vai além da:: biologia e da climatologia, porque quando você fala em, por exemplo: “influência da ação humana”, você tem que entrar também no campo das humanidades. Então muitas questões como, por exemplo, direito... ahn... costumes, cultura... Você não pode dizer que isso é independente, é inseparável das ciências ambientais. Então você tem toda uma questão de:: da cultura do agricultor, do que o agricultor acha que é “certo”, digamos assim, pro mundo, né? O que que é... Qual que seria o... digamos assim, o:: (destino) das políticas públicas. Então é muito difícil você estabelecer uma fronteira com uma ciência assim... tão bem definida ((a fronteira)), que você fala assim: “não começa aqui, acaba aqui. A partir daqui é outra ciência”. Não é assim. A gente tem um problema, a gente onde é o centro da coisa: o centro da coisa é a gente entender o que está acontecendo com o clima da Terra. Esse é o centro. Agora, até onde que... ahn, assim... Quais são as questões que são independentes disso, que você pode deixar de fora dessa ciência, isso que não é muito claro. Se for, assim, numa primeira olhada, parece que tudo depende de tudo: todas as coisas são importantes dentro dessa área. Então a gente tem o centro mas

não tem os limites... se sabe onde que está o ponto nevrálgico da coisa mas até onde se tem que ir para determinar, entender como é que funcionam esses sistemas... não é muito definido ainda.

Então... Como a física é fundamental em todas as áreas do conhecimento... Nas ciências ambientais ela também é fundamental. Então, por exemplo, quando você tem... Os grandes modelos... Climatológicos (e tudo mais)... Ou o comportamento de uma variável específica, como a temperatura, não existe uma relação clara... Não que não exista, mas o homem não conhece uma relação clara e ainda não conseguiu visualizar uma relação clara, por exemplo, com o comportamento da temperatura do ar e a... Os princípios da conservação da energia e quantidade de movimento. Isso é muito nebuloso ainda pra ciência. O que é uma coisa BÁSICA, né? Quer dizer, a gente deveria saber relacionar... os comportamentos das variáveis que a gente tem com esses dois princípios. Então tem alguma coisa... ERRADA ai. Talvez ou na abordagem... Ou no próprio conhecimento dos cientistas... Tem alguma coisa faltando pra gente fazer as conexões entre os dados que a gente tem e as leis básicas da... não só da física, né, mas das ciências... ciências naturais. Então tá... Tem alguma... faltando alguma coisa... Tem um elo perdido ai no meio. Mas certamente, é... Essas leis elas são universais, então certamente a... a conservação da quantidade de movimento... a conservação da energia... são coisas que permeiam... TUDO. Mas tá faltando a gente... estabelecer as contas. Então... Dentro do... das áreas de sistemas dinâmicos fora do equilíbrio você sempre pensa no... na parte determinista, que são as leis, e na parte não determinista... AH... Mesmo a parte determinista a gente não... ainda não consegue... definir.

Assim, em termo de definir como área, é isso?

Então... Veja bem... A física ambiental... Você tem pouquíssimos programas... talvez... (no Brasil com certeza e talvez no mundo)... que tenham essa denominação. Em termos de área da... da CAPES, do CNPQ... você tem o nome da área... que chama “Ciências Ambientais”. Que é uma área que... em principio estava na área multidisciplinar e agora ganhou um status de área independente. Ahn... Vamos dizer assim... Ahn... Em outros (centros) do... do mundo... você também tem... programas que são mais na linha de... ciências ambientais do que propriamente de física ambiental. AGORA, NO EXTERIOR também há... programas de física... que são

chamados de física ambiental... mas que não... fazem investigação propriamente dita que a gente faz aqui que é... investigar... ecossistemas e interação de ecossistemas com a atmosfera... mas eles se dedicam, por exemplo, à acústica, raios, com ênfase em proteção de prédios... outras ênfases, ou seja, seria a aplicação da física tradicional, a física, muitas vezes até a newtoniana, a física clássica, às situações de, digamos assim, ambientais mas mais voltadas à civilização, urbanidade. Agora, a ênfase que o nome teria, que seria uma questão de você estudar os ecossistemas, mas com uma ênfase na física, uma ênfase nas leis, nos princípios, nos conceitos que a física atrai. Então seria, incorporar esses conceitos e tentar entender através desses conceitos o funcionamento do clima, das mudanças climáticas globais, da interação dos ecossistemas com a atmosfera... Essa é a minha visão do que seria o termo “física ambiental”. Você tem um olhar com relação ao que é natural no mundo, mas um olhar com ferramentas vindas das ciências naturais, particularmente da física.

Objetos de estudo? Em termos de objetos de estudo, o que vem à cabeça é: dinâmica de ecossistemas, como que acontece a dinâmica da coisa... a interação de ecossistemas com outros sistemas, como a atmosfera... um terceiro seria a ação humana nesses ecossistemas, ou seja, interação. Dinâmica e interação de sistemas abertos, sistemas abertos fora do equilíbrio. Acho que esse é o principal objeto de pesquisa dessa área.

Não sei ordenar... Acho que o meu conhecimento... Sabe porque, eu lhe disse qual que é o mais importante. Ai se eu for ordenar eu teria que falar assim: o intrínseco é o mais importante, então eu vou colocar a dinâmica de ecossistemas em primeiro lugar. De outro ponto de vista, eu vou falar que a interação é mais importante. É que nem a discussão que o Maturana e Varela fazem sobre o... como é que é? O silogismo e o representacionismo, que é o mais importante: o que tá dentro ou o que tá fora? Talvez eu colocaria eles no mesmo grau de importância.

Então a dinâmica seria... O seguinte: o que... Quais são os elementos que compõem esses sistemas e como que eles funcionam. Quer dizer, quais seriam as regras, os princípios de funcionamento de tais ecossistemas. Então, se você desvendar isso você pode antever, pode digamos assim, ter uma visão, não determinista mas probabilística de como seria o comportamento desses sistemas em outras condições. Então, digamos assim, num cenário de que uma temperatura da Terra ficasse dois

graus maior, em média, qual que seria o comportamento dos oceanos? Então se você entender essa dinâmica interna do oceano enquanto sistema, você consegue, talvez não dizer exatamente como vai ser o comportamento dele, mas qual que é a TENDÊNCIA. Seria as principais tendências, o que de mais provável se esperaria nesse quadro. Então, assim, o que é intrínseco, o que tem lá dentro, o que tá influenciando sua dinâmica interna. O outro objeto seria como que ele interage... Eu falei de três mas dois são interações. Um seria interação de sistemas naturais e o terceiro seria interação dos sistemas naturais com o homem. Mas esses dois são interações. Então seria essa questão: quando você coloca dois sistemas em que você conhece o intrínseco de um, conhece o intrínseco do outro, sabe a dinâmica que um teria e o outro também, o que acontece quando você coloca os dois juntos. Então dentro da teoria de sistemas dinâmicos, complexidade, você sabe que a... dois... Não basta você saber a dinâmica de um e a dinâmica de outro, intrínseca, pra você prever qual que vai ser a dinâmica da interação, a dinâmica da interação é uma coisa além, tem mais coisa do que tem dentro deles. Então seria, estudar sistemas na interação. Quais seriam as trocas, os fluxos... As coisas que são medidas. Como que eles se comportam, quando se tem diferentes condições.

### **Texto 3: SUJ.03.E**

A. É, eu penso que a, eu penso não, [Prof.<sup>a</sup> Orientadora] me deu uma breve introdução dela, ahm, foi dito qual é a (flecha) que é ciências ambientais né, ahm, em se pensasse o que a gente tá fazendo hoje 20, 30 anos atrás nós seríamos chamados de malucos com certeza, e o escopo das ciências ambientais, no meu ponto de vista particular Miguel, e como eu não entendo eu posso ter algumas ignorâncias no que eu vou te falar, e cuidado com o que tu vais gravar ai, por favor, é... ele tenta nos traduzir algo que nós havíamos esquecido, que nós fazemos parte de um meio, que a nossa biologia assim como a dos outros seres vivos respondem à física, né, existe uma relação biofísica muito bem estabelecida, intrínseca, e de alguma forma nos esquecemos, os físicos nunca esqueceram disso né, a gente tem que dar os parabéns para esses colegas, mas as ciências ambientais, o escopo dela, o foco dela, é acho que resgatar isso para que a gente possa compreender melhor e voltar a cuidar de nós e do, entender a relação física que sempre existiu nesse planeta entre as forças

radiativas, as forçantes hídricas e que o nosso organismo aprendeu a e evoluiu ao longo de milhares de anos, essa é a minha visão particular do que as ciências ambientais fazem hoje, independente dos ramos em que ela tá inserida na sociedade seja nos colegas da engenharia ambiental que hoje fazem esses estudos de impacto ambiental, ver se uma empresa tá com responsabilidade ambiental e social, ahm, essa é a visão particular que o seu colega tem.

A. Física ela tá, ela tá sempre avançando na fronteira do desconhecimento, por que pra aplicar muitas das soluções mecanísticas que nós temos hoje eu preciso da compreensão do fenômeno e a tradução dele, pragmaticamente, pra sociedade, pra nós utilizarmos, então eu não vejo a ciência ambiental avançando sem, acho que eu não vejo, é impossível ver isso, as ciências ambientais avançando sem as teorias que a física desenvolve, que tenho muito a aprender né, com certeza, pra que a gente possa ahm, ter ferramentas que nos ajudem a compreender fenômenos, a fenomenologia dos eventos, eu só vou te dar um exemplo bem rapidamente, ahm, impossível se pensar em uma rede que monitore temperatura do oceano, que monitore (pressões/concentrações) de gases na atmosfera a bordo de aviões ou de boias nos oceanos, se a física não tivesse avançado na parte da espectroscopia do infravermelho né, isso levou praticamente 40 anos pra desenvolver e, então é um dos... um dos vários exemplos em a física nos privilegiou né, mais está por vir, a parte da fibra ótica, a parte do laser que tá vindo com muito força também, essa nova instrumentação ambiental, eu tive a oportunidade de quando conversei com vocês aí no ano passado, a Iramaia vai lembrar, eu falava que os novos sensores que vão vir para as ciências ambientais são todos a base de laser, a parte de espectroscopia no infravermelho a base de sensores dispersivos ela tá morrendo, por que o laser ficou tão, tão barato, tão bem resolvido e controlado que, a gente vai avançar pra isso, então eu te dei acho que dois ou três exemplos de quanto, que os avanços que a física nos deu nos últimos 20 anos, eles se traduzem hoje nos instrumentos que nós usamos pra poder medir aerossóis, ahm, escalares que a gente até então precisa de alguma coisa que enxergue pra gente o que tá na nossa frente mas a gente não pode ver nem sentir.

M. Ok. Professor e a física? Como é você situa a física dentro do conhecimento científico?

A. Qual o alcance de trabalho das ciências ambientais, é isso?

M. Isso.

M. Ok. Ok. Professor, sei que não é fácil, mas, o senhor pode tentar me dizer, com a tua experiência, qual seria o escopo, o alcance de trabalho das ciências ambientais?

M. Pode me falar um pouco mais como essas duas coisas estão relacionadas, física e ciências ambientais?

A. Nossa, você tá enfraquecendo a amizade Miguel, tá puxando forte já, né? Miguel se a gente lembrar dos nossos livros de física do ensino médio, partindo de Lavoisier, ahm, estudos observacionais de ver uma maçã caindo e entender a lei da gravidade, por si só já te diriam um pouco disso, mas até então a ciência do ambiente era algo que estava nos nossos filósofos gregos né. É... sem uma boa física, que tenha uma teoria rebatida pelos pares e comprovada, que possa se traduzir na aplicabilidade de, por exemplo, carros quando vão fazer o, como se fala, o seu licenciamento anual em São Paulo eles tem que ter uma emissão de CO<sub>2</sub> ou de monóxido num certo padrão, essa é uma ciência do ambiente que depende estritamente da física, vocês tem que ter algum avanço da física que permitisse mensurar isso de alguma forma ou quantificar essas moléculas que saem dos gases do escapamento de um carro e, em relação ao ambiente mais amplo agora, se eu conseguir posicionar de um exemplo do cotidiano nosso agora, pra um pouco maior numa escala de planeta, os modelos atmosféricos de circulação global e que preveem o clima futuro da Terra eles tem a melhor física que a raça humana já produziu através deles e, ainda assim essa física tem limitações por que são feitas simplificações devido à complexidade do sistema e se a gente comparar agora o cotidiano meu e seu, da Iramaia, que a gente tem um veículo, uma motocicleta, alguma coisa que o IBAMA tem que definir os valores de emissões desses veículos e um modelo que prevê o aquecimento da Terra daqui a cem anos que usa uma física que também leva em consideração o fator do potencial de aquecimento desses gases, eu consigo ver claramente que a física é o elo entre ligar o cotidiano nosso, ligar uma ciência ambiental que trabalha a qualidade de vida, com as condições de contorno futuras da nossa vida em sociedade e também daqueles que não estão nos centros urbanos, ahn, e essa pergunta ela é um pouco assim ampla, porque nós temos as ciências ambientais no strictu senso dela que é estudar o ambiente que nos cerca, mas também tem o ambiente planetário, então eu penso que

esses dois exemplos talvez eu consiga de certa forma balizar uma resposta pra você, eu não sei se eu fui muito feliz, se eu não fui me perguntem de novo que eu tento ir por outro caminho.

M. Ok. Você classificaria o seu trabalho como um trabalho em física ambiental ou há uma forma mais... uma forma diferente de dizer o\*que nós fazemos? Física ambiental ou seria alguma outra coisa?

A. Entendi. É... Eu não classificaria como física ambiental, Miguel, o trabalho que a gente faz, ele envolve metabolismo de ecossistemas, envolve a parte física né, por exemplo, da radiação, que é o processo de ignição de entrada de energia no sistema e como isso vai se desencadear, tem a parte de abiológica né, de como a biologia responde a esses, essas forçantes, esses impulsos que chegam variando em escala de segundos, horas, minutos, dias, ahn, eu classificaria a pesquisa que a gente faz como, uma... nossa como é que eu vou classificar isso pra ti? Só me dá um segundo ai... ... Não tem geologia, não estuda, mas é uma bio, também não é só biogeoquímica, tem, uma biogeofísica, se eu pudesse inventar esse termo então, tomara que já exista em algum lugar, (o geo é alemão?), nossa biblioteca virtual Google se já existe isso, mas ahn, seria a biologia a física e também o solo que, onde, que tá sob os pés ou que tá inserido os sistemas que nós trabalhamos, então seria acho que englobaria as três, essas três componentes né, a biologia a geologia e a física, ou a geofísica.

M. Certo. E dentro disso, agora pra fechar de fato, e deixar à vontade professor, dentro desse nosso trabalho, o senhor pode me citar 5, os cinco objetos de estudo que lhe vierem à cabeça dentro dessa nossa temática?

A. Lá vai o primeiro então pra ti: trocas gasosas de gás carbônico e vapor d'água entre a biosfera e a atmosfera. ... .. Posso seguir para o segundo?

A. ... Fração evaporativa em ecossistemas florestais.

A. Terceiro. ... .. Metabolismo de ecossistemas florestais.

A. Uso de traçadores isotópicos para a compreensão e entendimento de metabolismos de ecossistemas florestais.

A. Interação biofísica na paisagem da amazônica central como determinantes da variação espacial de gás carbônico.

M. Ok. Obrigado. Professor é ouvi os temas que o senhor evocou, seus objetos de estudo, o senhor podia me falar um pouquinho da importância de cada um deles (???)

A. Um... Uma forma... Ou melhor, a forma mais coerente de você trabalhar na compreensão de um ecossistema, seja ele aquático terrestre, é primeiro entender um pouco da variabilidade na, em uma escala em que você possa compreendê-la. Normalmente tudo tem que ser definido numa escala de trabalho né, vocês estão definindo a escala de vocês de trabalho, ela é regional, ela é nacional, ela é mundial, enfim, ahn, os estudos que nós fazemos também aplica-se esse operador, ahn, então em termos de escalas, ahn, na física ou na meteorologia se emprega escalas em função do tempo ou do espaço, em escalas temporais de muito, muito curtas, de horas a dias, e no espaço de alguns microns até 1 km, 2 km, essa escala é conhecida como microescala, por isso existe um ramo da meteorologia chamado de micrometeorologia, essas escalas, ou melhor essa escala é o ponto de partida da maioria dos estudos que nós ahn, taba... temos sendo publicados ou sendo feitos em algum, em vários lugares do mundo em que nós vivemos, ahn, entender o que acontece na microescala nos dá a capacidade de poder extrapolar isso para uma escala um pouco maior. Então a partir do momento que se entende mecanisticamente um processo numa microescala, o passo seguinte é fazer o escalonamento disso, como é que eu passo agora de uma escala menor pra próxima escala? Será que o processo identificado (...) com essa escala menor, de trocas de vapor d'água, de plantas sendo aquecidas a uma determinada temperatura mais do que outras nessa pequena escala, as respostas delas vão ser também repetidas numa escala maior? Ahn, e a escala maior é, normalmente a escala dos modelos que fazem isso pra gente, né, com computação numérica eles conseguem fazer esse escalonamento. Bom a importância desses estudos que nos fazemos são para abastecer com parâmetros mais próximos do mundo real, os modelos eles tem que ser validados, a física é muito interessante, a bioquímica também está lá, ahn, porém tudo tem que ser validado, comprovado, não adianta nós falarmos que o nosso modelo é o melhor do mundo se ele produz resultados que são totalmente disparates da realidade. Então basicamente, ahm, o trabalho que nós fazemos é numa microescala e que permite aos colegas modeladores e também, eu não vou falar de política pública aqui com você por que, enfim, é um... o contexto maior ele vem de várias peças do quebra-cabeça, então se resolvo o quebra-cabeça menor num canto da Amazônia e você resolve um problema também menor em algum momento aí na área de ecótono no Mato Grosso, essas

duas peças juntas permitem, fazer um escalonamento com mais acurácia se essas duas peças não tivessem sido produzidas, eu consegui levar você num raciocínio comigo ou eu te perdi?

**Texto 4: SUJ.04.E**

M. Nessas pesquisas, professor, é, é.. é... se eu entendi bem, tudo começou com um questionamento, uma curiosidade muito grande, enquanto, enquanto criança, hoje quais são as questões que lhe fazem seguir adiante, o que que lhe inquieta, hoje em dia, em termos de pesquisa, professor?

C. Olha eu... conforme os anos vão passando os meus interesses pra... muito mais... o que a gente chamaria de interdisciplinares ou transdisciplinares, então eu tenho trabalhado com alunos em questões que não são muito relacionadas com a minha pesquisa anterior... por exemplo eu tenho uma aluna de doutorado, que está trabalhando, ela é... tem formação em psicologia, mestrado em psicologia, tá fazendo doutorado, nesse programa que eu ajudei a criar no INPE, ciências do sistema terrestre, que é também a aplicação de sistemas complexos, não do ponto de vista teórico-matemático de atratores mas, a pesquisa que se faz nesse programa do INPE, é a pesquisa ciências em dos sistemas... sistemas complexos, é... e, ela trabalha com a questão de padrão de consumo, da sociedade brasileira, quão sustentável é esse padrão, qual que é o impacto desse padrão nas mudanças ambientais globais... então é um assunto que não é... (vamos dizer, sem dúvida), (parte física) do clima, que é essa minha carreira profissional, é uma questão muito mais das dimensões humanas, das mudanças ambientais globais, e eu tô gostando de orientar, são áreas interdisciplinares, transversais... ou seja, até (ortogonais) a tudo que eu já fiz até hoje, então eu tô (tendo que) ligar mais, a parte (física) com a parte das dimensões humanas, isso é um grande desafio porque eu não tenho nenhuma formação em ciências sociais aplicadas e (...) nada, nunca estudei isso, então é um (desafio) enorme pra uma pessoa que vem das ciências naturais, das ciências físicas e você começar a orientar nessa intersecção, nessa interface, ciências sociais e ciências naturais... então isso é um desafio muito importante, um desafio meu, que tem que ser, esse é um desafio pessoal, bom, ah... ainda tem grandes questões, assim, da minha linha de pesquisa tradicional, tem muito o que entender ainda como funciona,

funcionam os ecossistemas amazônicos, como ponderar as (mudanças) climáticas globais, se nós corremos o risco de um colapso da floresta amazônica, do cerrado, essas são questões científicas que eu continuo a... a orientar (muitos/alunos), a me envolver, (...), e conhecimento não é indefinido, conhecimento ele nunca se encerra, quanto mais você conhece, mais você... essa é uma frase que parece que já virou um clichê, mas é verdade, quanto mais você conhece mais você vê o quão é o que se conhece, quão pequeno é o nosso conhecimento perto do universo como um todo, então você cada vez mais, vai descobrindo outras coisas que não são conhecidas e você tem muita curiosidade em querer conhecê-las... ah, então é isso.

M. Certo. Professor, é, é, seria possível, talvez com a sua experiência, é, limitar o escopo das ciências ambientais nesse nosso século vinte e um?

C. Olha, ciências ambientais... quer dizer não existe, pra começar, o singular ciência ambiental... o que existem, é... é... é uma, ciências ambientais são... não pode ser muito bem definida, por que ela não tem uma delimitação precisa, mas ela é um corpo de conhecimento que nos permite entender, o ambiente é... físico, químico, biológico... nos podemos também chamar, alternadamente, abiótico e biótico, as interações dos componentes abióticos e bióticos com, com nós, que nos tornamos uma força de transformação, uma força, praticamente, da mesma magnitude que as grandes forças naturais, que operam em escalas geológicas ou mesmo com as forças darwinianas, da (...) evolução biológica, da evolução (...) nós nos (comparamos) hoje, com uma força única da Terra, uma força biológica da evolução, nos afetamos a evolução biológica... então, as ciências ambientais (...) (...) envolvem toda essa delimitação, das interações dos componentes bióticos, abióticos com nós, humanos, e em todas as escalas de tempo e em todas as escalas espaciais, dentro do planeta Terra, não sabemos se as nossas ações aqui afetam... é, remotamente fora do planeta, mas no planeta, sim. Então ela, ela trata, ela é, por definição, ciências ambientais, ela não é, ela é um conjunto muito grande de disciplinas, com a... o edifício do conhecimento vai se, se cada vez mais, se especializando, criando muitas disciplinas, a ciência ambiental ela, tem que quebrar esse paradigma da superespecialização disciplinar, monotemática, e ela é uma intersecção inteligente de muitas disciplinas das ciências naturais e das ciências sociais, e, e, e depende do seu foco, ela vai do micro ao macro, ela (pode ter) uma coisa que ela analisa, uma interação biótica

abiótica, numa (...) escala muito pequena, por exemplo, o problema típico de uma perturbação num sistema ecológico, testaram lá, viu, então pode ser o que nos estamos com o planeta como um todo, mudando a composição química da atmosfera, e até mudando o sistema climático como um todo, que vai (alterar/influenciar) o clima do planeta de uma maneira até certo ponto imprevisível então, é, as ciências ambientais ela é esse grande universo de conhecimento que é necessário e fundamental para nós nos posicionarmos, como espécie humana, na direção que nós queremos para o futuro, então não é, não é, (...) se fosse só a alteração natural dos componentes bióticos e abióticos (não tem-se) ciência ambiental, é, agora, ciência ambiental é a (palavra?), não, entra a ação humana, mediadora e perturbadora dessa interação com os sistemas bióticos e abióticos. Eu ficaria por aqui senão eu poderia ficar horas (...) simplesmente... (...)

M. Com certeza, e eu com certeza, ficaria também esse tempo ouvindo porque isso é muito enriquecedor. Professor, é, eu venho de uma formação inicial que é em física, então eu sou curioso em ouvir qual é a opinião que tu tem a respeito da física, no contexto do conhecimento científico, como você situaria essa ciência, a física, no, no, dentro das... dentro do conhecimento científico?

C. Tu tem, é só gaúcho que faz essa inflexão. (...) pessoa do (...) verbo na terceira... Mas o... é, olha... os físicos são arrogantes porque tudo começa com a física, né?

C. A física de baixas temperaturas, né? Quando o universo, depois do big bang, esfriou suficientemente, que começou a ter composição entre os átomos, que é o (...) inicialmente, e depois esses (átomos pousaram), se condensaram por gravidade nas estrelas, e aí as estrelas, é que na verdade, (...) as reações (...) nucleares, dentro das estrelas, é que começaram a produzir materiais, outros átomos, e que aí esses outros átomos começaram a se (combinar) com os primeiros átomos e pronto, aí nós temos a química. E, essa parte da química (...) torna a pesquisa de baixas temperaturas, totalmente previsto pela física, então alguém arrogantemente, um físico, poderia dizer tudo é física. Mais ou menos, né? Porque, a física (...) não explica a vida, pelo menos até hoje (...), não estou falando que um dia não poderá (explicar)... A vida é uma outra (coisa)... é, eles ainda não explicaram. Portanto a biologia, (...) não é decorrente, natural, das leis físicas, ainda há (...) (...) nada (...) não segue as leis da física, tudo segue as leis da física, mas a biologia é uma coisa diferente, você com as

equações da física, com as leis da física, você não poderia prever a existência da molécula do (...) que é a (...), (...) e (daí) daria a origem à vida como nos conhecemos, com todos os mecanismos, depois que a molécula existe... ai você começa a (circunscrever), não a vida, mas a (célula), a célula tem que seguir as leis da física e da química... porém, (com) uma coisa diferente, que é uma, é uma, é uma é... um (...) que (...), codificação das proteínas pela, dentro da molécula, pelos cromossomos, não é uma coisa que (se integre) lei da física, é como se fosse um código (lógico), que surge com o DNA, (não há lei) da física, não segue nenhuma das leis, das (...), das quatro... é... nuclear forte, nuclear fraca, (...) (...), é como se fosse um código (...), um código (chamado) código genético, então, é uma regra, mas não essas leis, e nenhuma dessas leis diria que você desenvolver um composto químico que depois faria uma codificação (...) e as proteínas todas seguiriam fielmente essa receita, dada por esse (...), (...)... O Bing bang (...), as leis fundamentais da (...) física, depois (a) baixas temperaturas, a química, (...), nada disso, até hoje, (explicou) a vida, então a vida traz uma (dimensão), mas a... e depois da vida, como espécie, nós, e vários mamíferos superiores também, que tem cognição, quer dizer, a capacidade de, de uma célula, além da vida, o neurônio, é... é, que a gente chama inteligência em vários graus, (mais) avançada (na) espécie humana, que também não é explicada pela física, a inteligência não é... eu, quando eu falo não é explicada, quer dizer que, um dia pode ser explicada (...)... então física é fundamental para nos entendermos o universo, em quase tudo ou tudo, em quase tudo... agora, não ainda conseguiu se explicar a partir (das forças) fundamentais da física, mesmo com o resfriamento que faz surgir a química, não se conseguiu explicar a vida, e não, e nem a vida sozinha conseguiu explicar a cognição, a inteligência, a capacidade da (gente) entender a, e replicar, a capacidade das linguagens... então é, as linguagens (vem depois), eu só quero colocar isso (...) pra diminuir um pouquinho a bola da física, a física não explica tudo, só que a física é o elemento central (...), tudo começou a partir da física, então ciências ambientais, tem muito a ver com um entendimento profundo da física (do ambiente), eu, garanto, não sei se a professora sabe, mas eu (tive) muito a ver com o começo desse curso de vocês ai, eu, eu era o coordenador do projeto LBA, e tive várias vezes (ai) a convite da universidade, (...) (entusiasmado) com o projeto LBA... o projeto LBA foi a

origem (desse) curso, que primeiro era mestrado... virou doutorado, e eu era da capes, da comissão de (recursos) multidisciplinares da capes, (uma linha) interdisciplinar, e que hoje já (chama) ciência ambiental, conseguimos na capes obter esse (ciclo) de ciências ambientais... e que também na época que eu estava, quer dizer, que o curso de doutorado (foi) aprovado... tive bastante a ver com a história desse curso, tive várias vezes no (...), ... mas, é... então eu acho, vou parar aqui (...), eu acho que a física é, é... é fundamental pra gente entender o ambiente, quanto mais (...), o que que eu (...) superfeliz com a universidade federal de Matogrosso escolhendo esse curso, FÍSICA ambiental, porque, porque tem muito curso no Brasil que é, ciências ambientais, tem muitos, tem mais de... mais de 45, 50 cursos, mestrado... e, e faltava (realmente) no Brasil um curso que olhasse o ambiente pelo viés do rigor, do conhecimento profundo como as partes de um (...) interação, a física (...)... eu fiquei muito feliz com essa ênfase que ele surgiu dentro de um departamento de física, porque é fundamental, ... não tem como nós, conseguirmos ter capacidade preditiva, saber o que vai acontecer com o ambiente, no presente, no futuro, se nós não tivermos um profundo conhecimento de como a física se manifesta dentro do ambiente, como são as interações no meio físico, antes mesmo de entender a natureza, é, acoplada do meio físico com o meio biótico, biótico (...)... então, eu acho a física essencial (...) (...)... também essa é outra que eu podia ficar horas, mas paro por aqui.

C. Tá ótimo. Bom saber, feliz em saber..., e, eu não concordo integralmente professora Iramaia que, eu acho que essa visão, de sistemas complexos, e... uma abordagem um pouco mais rigorosa, de ambiente, do ponto de vista teórico, é, o ambiente é um sistema complexo, no sentido de, é determinístico, até certo ponto, o meio físico é determinístico, comprovadamente determinístico, é possível que o meio físico (n-biótico) também seja determinístico, ou não, isso ainda não está totalmente demonstrado, mas certamente, quando... você entra com o elemento humano, você perde (isso), não há nenhuma prova que os (sistemas) sociais sigam qualquer lei universal, então... é uma questão, (...) epistemológica muito importante, o conhecimento de se você pode, realmente, qual o limite, de você ter uma abordagem de um sistema complexo não linear determinístico quando você junta a dimensão humana, e um debate (até), (...) o debate, intelectual dos (mais), sofisticados, eu fico

satisfeito que vocês estão começando também, a entrar nesse debate, e ver dentro de um departamento de física um (bloco) que possa (realmente) (investigar) as interações do (ambiente) físico, abiótico, (...) com uma visão, um arcabouço teórico (...), (...), aliás eu acho fantástico, eu por exemplo (sinto) falta (disso) (...), e, e, mas eu fiquei até, eu e meus alunos, ficamos famosos, propusemos dois estados de equilíbrio estáveis, (para) o clima e pra vegetação da Amazônia... mas a gente achou isso na raça, a gente achou isso com modelos matemáticos... é, é, com muito cálculo no meio, e achamos (esses) dois estados... mas a gente não conseguiu ainda avançar muito, meu grupo não é um grupo que tem pessoas, ou físicos ou, ou matemáticos aplicados trabalhando... (a teoria) de sistemas complexos, por exemplo, as regras de (transição), de, de como é que o estado estável (pode) passar pro outro... tudo isso nós não conseguimos avançar muito (depois) (que encontramos) esses dois estados, mas (...) (...) conta com modelos numéricos... e, então, eu até acho que (um dia) eu for aí, ao Mato Grosso, eu queria conversar com você, e até, provocar o (...) departamento de física, e o doutorado em física ambiental, principalmente Iramaia, a sua linha aí de, de sistemas complexos, e começar até (...) as ferramentas, (...) de usar (...), os dados que nos achamos, e ver, testar, com eles, algumas ferramentas (matemáticas) de, de sistemas complexos.

M. Tem uma última, uma última. Pra fechar, encerrar e, e liberar o senhor... Você poderia citar pra mim, os cinco primeiros objetos de estudo de física ambiental que lhe vieram à cabeça?

M. Me daria um?

C. Um tópico (em física ambiental)... é, a... se... (quer dizer) é um tópico também, muito filosófico, é... se perturbação no sistema climático possa nos levar, o planeta Terra, a ser inabitável numa escala de tempo de milhares de anos. (...) até (...) muito pequena, mas essa é uma pergunta (...) que, quer dizer, eu tenho interesse nessa pergunta, quer dizer, qual é (o limite) que nos podemos perturbar o sistema, (até torná-lo inabitável)... faz assim, manda o e-mail eu consigo as outras quatro que eu (tenho) ideias que são coisas muito concretas (que caberia) na nossa (...) meio ambiente, mas essa, essa que você perguntou, uma, essa é uma que eu acho que é muito importante, penso que ela, se existir teoricamente a possibilidade de tornar o planeta inabitável, (...) o que (...) quem sabe até possamos sobreviver muito mais,

mas essa é uma questão filosófica que mudaria muito a maneira de nós enxergarmos o planeta, senão, se o que a gente fizer no planeta, qualquer (perturbação) (...) o planeta, (...), ou se ele é (...), que é suficientemente robusto e, vamos dizer assim, entre aspas, “tranquilo”, tranquilo no sentido de que ele continua mantendo as condições ambientais (e tal), (...) vida no planeta (...) pra (99%) das espécies, quer dizer então não interfere com a evolução biológica... ai, isso seria uma notícia mais tranquilizadora, já perturbamos muito, vai ter aquecimento global, (...) outras perturbações, mas o sistema, ele tem uma resiliência intrínseca, quer dizer, os (atratores) do sistema eles são suficientemente próximos uns dos outros, e todos eles garantam as condições (...) que o nosso planeta tem pra vida... então essa questão é (...) (suficientemente) ampla, (...) pros (...) inabitáveis pra outras (...), (simbiótica), essa, na minha cabeça (...) a grande questão ambiental. Por fim, no e-mail eu respondo as outras (perguntas).