



## ANÁLISES E REFLEXÕES SOBRE A PRESENÇA DO REFERENCIAL EPISTEMOLÓGICO PRIGOGINIANO NAS TESES E DISSERTAÇÕES DA ÁREA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Thiago Weslei de Almeida Sousa<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-7221-062X>

Wellington Pereira de Queirós<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-9734-7136>

Dario Xavier Pires<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-7235-2369>

### RESUMO:

Nesta investigação – parte constituinte de uma pesquisa doutoral – pretendemos localizar e analisar a utilização do referencial prigoginiano nos trabalhos de Educação em Ciências. Analisamos trabalhos de conclusão de cursos *stricto sensu* (teses e dissertações), que apresentavam o pensamento-Prigogine como objeto de estudo ou como referencial teórico na área de Educação em Ciências. Para tal, a fonte documental escolhida foi o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes. A pesquisa consistiu na aplicação da Análise Textual Discursiva (ATD) no *corpus* da nossa investigação, em que fomos direcionados pela pergunta fenomenológica “o que é isto que se mostra da utilização do referencial prigoginiano nas pesquisas em Educação em Ciências?”. Tivemos como resultado quatro categorias, as quais são apresentadas e discutidas por meio de metatextos. Observamos que duas dessas categorias carregam uma perspectiva de discussão mais filosófica em sua composição, ao passo que as outras duas categorias se atêm à discussão da localização do referencial prigoginiano nas estruturas das pesquisas que integram o *corpus* desta investigação. Confirmamos que, apesar da sua relevância, o referencial prigoginiano é pouco ou quase nada utilizado no campo de Educação em Ciências. Por outro lado, argumentamos sobre o quão inovadora, necessária e desafiadora será a construção de trabalhos no campo educacional que tenham Prigogine como referencial teórico.

### Palavras-chave:

Ilya Prigogine;  
Epistemologia;  
Complexidade.

### ANÁLISIS Y REFLEXIONES SOBRE LA PRESENCIA DEL MARCO EPISTEMOLÓGICO PRIGOGINIANO EN TESIS DOCTORALES Y DE MAESTRÍA EN EL ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS

### RESUMEN:

En esta investigación, parte constitutiva de una investigación doctoral, pretendemos ubicar y analizar el uso del marco prigoginiano en trabajos de Educación en Ciencias. Se analizaron trabajos de finalización de cursos de postgrado *stricto sensu* (tesis doctorales y de maestría) que presentaban el pensamiento prigoginiano como objeto de estudio o como referente teórico en el campo de la Educación en Ciencias. Para ello, se eligió como fuente documental el Catálogo de Tesis Doctorales y de Maestría de la Capes. La investigación consistió en la aplicación del Análisis Textual Discursivo (ATD) en el *corpus* de nuestra investigación, en la cual nos guió la pregunta fenomenológica “¿qué es eso que se muestra en el uso del

### Palabras clave:

Ilya Prigogine;  
Epistemología;  
Complejidad.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil.

marco prigoginiano en las investigaciones en Educación en Ciencias?”. Tuvimos como resultado cuatro categorías, las cuales son presentadas y discutidas a través de metatextos. Observamos que dos de estas categorías llevan una perspectiva de discusión más filosófica en su composición, mientras que las otras dos categorías se enfocan en la discusión de la ubicación de la referencia prigoginiana en las estructuras de investigación que componen el corpus de esta investigación. Constatamos que, a pesar de su relevancia, la referencia prigoginiana es poco o casi nada utilizada en el campo de la Educación en Ciencias. Por otro lado, argumentamos cuán innovadora, necesaria y desafiante será la construcción de obras en el campo educativo que tengan a Prigogine como referente teórico.

## **ANALYSES AND REFLECTIONS ON THE PRESENCE OF THE PRIGOGINIAN EPISTEMOLOGICAL FRAMEWORK IN THESES AND DISSERTATIONS IN THE AREA OF SCIENCE EDUCATION**

### **ABSTRACT:**

In this investigation — a constituent part of a doctoral research — we aimed to locate and analyze the use of the Prigoginian framework in Science Education works. We analyzed *stricto sensu* course completion works (theses and dissertations), which had Prigogine-thought as an object of study or as a theoretical reference in the field of Science Teaching. To this end, the documental source chosen was the Capes Theses and Dissertations Catalogue. The research consisted of the application of Discursive Textual Analysis (DTA) in the corpus of our investigation, where we were guided by the phenomenological question “what is this that is shown in the use of the Prigoginian framework in research in Science Education?” As a result we had four categories, which are presented and discussed through metatexts. We observed that two of these categories carry a more philosophical discussion perspective in their composition, while the other two categories focus on the discussion of the location of the Prigoginian reference in the research structures that make up the corpus of this investigation. We confirm that, despite its relevance, the Prigoginian reference is little or almost nothing used in the field of Science Education. In contrast, we argue how innovative, necessary, and challenging will be the construction of works in the educational field that have Prigogine as a theoretical reference.

### **Keywords:**

Ilya Prigogine;  
Epistemology;  
Complexity.

---

## **INTRODUÇÃO**

A pesquisa em educação científica, como área de investigação acadêmica, surgiu nos últimos 60 anos e, desde então, passa por um desenvolvimento singular em todo o mundo. Em se tratando especificamente do Brasil, a Educação em Ciências surge por volta dos anos 60, ao serem apresentadas as primeiras pesquisas na área na área (Nardi & Almeida, 2011). Por outro lado, sua delimitação enquanto área própria ocorre apenas no ano 2000, quando ela se separa da área de Educação (Ramos & Silva, 2014). E apesar das controvérsias, foi no ano de 2011 que a área de Educação em Ciências sofreu uma reestruturação e começou a integrar uma grande área chamada *Ensino* (Nardi & Almeida, 2011; Ramos & Silva, 2014).

Por outro lado, enquanto comunidade científica, percebemos que o campo de Educação em Ciências ainda traça sua trajetória para a sua institucionalização como área de pesquisa. Nesse sentido, a Filosofia da

Ciência desempenha um importante papel nessa jornada de consolidação da área de Educação em Ciências (Villani et al., 2010). Villani et al. (2010) relatam em sua pesquisa que os primeiros pesquisadores em Educação em Ciências atribuíram seus avanços na área ao contato com destacados pesquisadores e professores envolvidos com a Filosofia da Ciência.

É nesse contexto de consciência da importância da Epistemologia para o fortalecimento do campo de Educação em Ciências que notamos a necessidade de diferentes referenciais filosóficos que pensem a Ciência por um prisma diferente daquele que nos tem sido apresentado nos últimos anos. E foi assim que emergiu, para nós, o constructo teórico de Ilya Prigogine - cientista russo que dedicou a sua vida à pesquisa com ênfase na interface entre Filosofia, Química e Física.

Ilya Prigogine (1917-2003) se tornou um dos pioneiros da termodinâmica dos processos irreversíveis em um período em que a termodinâmica clássica enxergava com muita suspeita os fenômenos dissipativos e os conceitos que envolviam a variação do tempo. Contudo, Prigogine, convencido da centralidade dos processos irreversíveis na natureza e da realidade da flecha do tempo,<sup>1</sup> foi obrigado a enfrentar o conservadorismo da Física (Kondepudi et al., 2017). Ele não se conformava que a ciência de sua época concebesse o universo como uma automação, seguindo leis causais determinísticas, enquanto observamos que os fenômenos que experimentamos são espontâneos e marcados pela irreversibilidade<sup>2</sup> (Prigogine, 1984, p. 311).

O auge de uma longa lista de prêmios e títulos honoríficos de Prigogine foi o o Prêmio Nobel de Química de 1977, recebido por suas contribuições à termodinâmica do não-equilíbrio, mais precisamente, pela elaboração da teoria das estruturas dissipativas<sup>3</sup> (Kondepudi et al., 2017).

Prigogine apontou que a ordem dá origem à desordem em sistemas deixados ao acaso, que a desordem pode dar origem à ordem em sistemas de caos, que o tempo é, na realidade, irreversível e que existe uma “flecha do tempo” que indica probabilidades e não certezas. Dessa forma, suas reflexões revolucionárias sobre as estruturas dissipativas questionam a função do tempo, do conhecimento e das leis fundamentais que governam o universo (Massoni, 2008).

O surpreendente é que o estudo das estruturas dissipativas ainda é um assunto muito ativo que está avançando em novas áreas e começam a ser utilizadas para descrever não apenas fenômenos físicos, mas também fenômenos químicos e biológicos, chegando também a descrever fenômenos do interesse das ciências sociais (Maruani, 2004). Desta forma, Prigogine também dedicou sua jornada acadêmica à compreensão das incidências epistemológicas do desenvolvimento dos paradigmas científicos (Gilstrap, 2007).

O seu interesse em campos múltiplos é uma das razões para a produção científica de Prigogine ser bastante ampla: desde tópicos muito técnicos às discussões sobre Filosofia da Natureza, História da Ciência e Políticas da Ciência em geral. Em suas discussões filosóficas, ao abordar as bifurcações<sup>4</sup> produzidas pela flecha do tempo, a irreversibilidade das trajetórias e a necessidade de uma ética planetária, Prigogine nos induz a repensar a ligação do ser humano com a natureza, o humanismo e a própria democracia (Carvalho & Almeida, 2009).

A pesquisa de Prigogine, por trazer várias implicações empolgantes para a compreensão do mundo ao nosso redor e por propor um novo foco para a interpretação dos eventos que experimentamos (Gilstrap, 2007), constituiu-se como objeto de estudo desta investigação.

Neste trabalho, que é parte de uma pesquisa mais abrangente de tese de doutorado, pretendemos localizar e analisar a utilização do referencial prigoginiano nos trabalhos de conclusão de curso *stricto sensu* de Educação em Ciências. Mais que isso, buscamos fazer reflexões acerca da pergunta fenomenológica: “o que é isto que se mostra da utilização do referencial prigoginiano nas pesquisas em Educação em Ciências?”, sendo essa a questão que direciona toda a construção da presente investigação. A nossa intenção é que, ao entender como tem sido construída a produção de trabalhos que utilizaram Prigogine como referencial teórico no campo de Educação em Ciências, possamos apresentar um mapeamento que aponte para aportes teóricos e evidencie lacunas que possam motivar outras pesquisas nessa área.

Pretendemos expor o quão inovadora, necessária e desafiadora será a construção de trabalhos no campo educacional que tenham Prigogine como referencial teórico. Dessa forma, passamos a apresentar a relevância desta pesquisa que pretende contribuir para o estabelecimento de um novo referencial teórico para o contexto da Educação em Ciências.

## METODOLOGIA

Optamos por analisar trabalhos de conclusão de cursos *stricto sensu*, mais especificamente teses de doutorado e dissertações de mestrado, uma vez que esses documentos “formam um tipo de acervo valioso para as universidades, pois refletem a dedicação dos mestres e doutores em estudos aprofundados sobre temas específicos, sob a orientação de docentes com ampla experiência em pesquisa nas várias áreas do conhecimento” (Brumatti, 2015, p. 66).

A base de dados bibliográficos escolhida como fonte documental foi o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Por previamente acreditarmos que não exista uma quantidade exacerbada de trabalhos com as características aqui pretendidas, em toda esta investigação, utilizamos *Prigogine* como o único descritor para busca e não estabelecemos nenhum intervalo temporal para esta investigação.

Após a aplicação do descritor Prigogine, analisamos todos os trabalhos resultantes da busca e então selecionamos para o *corpus* desta investigação os trabalhos de conclusão de curso *stricto sensu* (teses e dissertações) que, independentemente da área, apresentavam a teoria prigoginiana como objeto de estudo, e todos os demais trabalhos que, pela nossa leitura, pudessem ser enquadrados como pertencentes ao campo da Educação em Ciências. Dessa forma, os critérios de inclusão para a composição do *corpus* desta investigação foram: (1) o trabalho corresponder ao descritor Prigogine e (2) o trabalho ter a obra prigoginiana como o objeto de estudo, ou (3) o trabalho ser enquadrado como pertencente ao campo de Educação em Ciências.

Uma vez determinado o *corpus* desta investigação, decidimos examinar todo o corpo dos trabalhos e não apenas os seus resumos. Essa escolha foi feita seguindo a intenção de, além de investigar o contexto geral dos trabalhos, captar pontualmente os momentos em que o *pensamento-Prigogine* é utilizado para a construção das pesquisas.

Com o objetivo de sistematizar os dados obtidos, aplicamos a Análise Textual Discursiva (ATD), segundo Moraes & Galiazzi (2007), ao conjunto de trabalhos que se enquadraram na área de Educação em Ciências.

[...] a análise textual discursiva é um mergulho em processos discursivos, visando atingir compreensões reconstruídas dos discursos, conduzindo a uma comunicação do aprendizado e desta forma assumindo-se o pesquisador como sujeito histórico, capaz de participar na interpretação e na constituição de novos discursos. (Moraes & Galiazzi, 2007, p. 111).

A opção pela ATD se deu pelo fato de, assim como Sousa & Galiazzi (2017, p. 515), também acreditarmos que, “a partir desta escuta fenomenológica das palavras que nos constituem, os caminhos investigativos hermenêuticos mostram necessidades emergentes de compreensão”. Corrobora ainda a escolha da ATD o fato de sua aplicação estar substancialmente presente como método de análise de dados em teses e dissertações, principalmente no campo de Educação em Ciências (Sousa & Galiazzi, 2018).

A pergunta fenomenológica que nos inquietou e que nos direcionou no processo de aplicação da ATD em nosso *corpus* foi “o que é isto que se mostra da utilização do referencial prigoginiano nas pesquisas em Educação em Ciências?”.

Quanto aos aspectos procedimentais, seguimos as etapas sugeridas por Sousa & Galiazzi (2018):

Em termos procedimentais, a ATD orienta a organização da análise em desmontagem dos textos, estabelecimento de relações e captando o novo emergente. Busca-se, com a ATD, o aprofundamento do pesquisador

sobre o processo desconstrutivo chamado de unitarização, processo recursivo de mergulho nos sentidos atribuídos aos textos em análise. Das unidades de significado, encaminha-se para o processo de organização de unidades com a elaboração de categorias iniciais, que, aproximadas, possibilitam a elaboração de categorias intermediárias e, em um novo esforço perceptivo, emergem no horizonte de compreensão do pesquisador categorias finais acerca do fenômeno. A categorização se apresenta como processo de aprendizagem e comunicação de novos entendimentos em um movimento de síntese e construção de sistemas de categorias com as novas aprendizagens e compreensões que originam um metatexto. (Sousa & Galiuzzi, 2018, p. 800)

Realizamos a análise com o apoio do software *Atlas.ti* e, no decorrer dos metatextos, codificamos as unidades de sentido utilizando o padrão  $[TX]:Y. [TX]$  se refere à localização da unidade de sentido, em que  $T$  representa qualquer trabalho que pertença ao nosso *corpus* de investigação e  $Y$ , à numeração do trabalho em nossos registros.  $Z$  indica a ocorrência numérica da unidade de significado dentro do trabalho do qual foi extraída. Decidimos indicar somente as unidades essenciais para a compreensão dos fenômenos em análise em decorrência da adequação e da extensão do texto. As categorias às quais chegamos e os metatextos que produzimos a partir desta categorização estão expostos em sessão posterior (sessão 3.2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Seleção do corpus da investigação

Ao aplicarmos o descritor *Prigogine* na busca do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, encontramos 85 trabalhos (49 dissertações e 36 teses). Esclarecemos que nenhuma dessas 85 pesquisas encontradas estava enquadrada como “Ensino” em nenhuma das categorias disponibilizadas pelo Catálogo de Teses e Dissertações da Capes - área de conhecimento, área de avaliação, área de concentração e nome do programa.

É válido tomarmos nota que a trajetória histórica do campo de Educação em Ciências tem duas particularidades que precisam ser consideradas. A primeira delas é que a Educação em Ciências surgiu como bifurcação da área de Educação na Capes, e a segunda é que o campo da Educação em Ciências ainda não está totalmente consolidado no Brasil (Ramos & Silva, 2014).

Na área de avaliação “Educação”, o “Ensino de Ciências e Matemática” surge enquanto anomalia, já que esta toma corpus próprio, originado de discussões da comunidade de pesquisadores procedentes das áreas de didática e metodologia de ensino das Ciências Exatas e Naturais. [...]. Por isso, ocorreu uma ruptura, emergindo a necessidade de uma nova área. Surge então a área de “Ensino de Ciências e Matemática” enquanto pré-ciência, constituindo-se como paradigma próprio, na direção de uma Revolução Científica, uma vez que ainda não está totalmente consolidada. (Ramos & Silva, 2014, p. 366)

Dessa forma, não é incomum que alguns programas de pós-graduação não tenham dissociado totalmente o campo da Educação do campo específico de Educação em Ciências. O resultado disso é que alguns programas de pós-graduação em Educação produziram e continuam produzindo trabalhos com as temáticas da Educação em Ciências.

Por outro lado, não é intuito desta pesquisa *etiquetar* se os trabalhos pertencem burocraticamente à Educação, e quais pertencem à Educação em Ciências, mas perceber onde a obra de Prigogine tem sido utilizada no que se entende como Educação em Ciências. Dado este cenário, podemos dizer que é feita uma extrapolação da utilização da teoria prigoginiana na área da Educação para a área da Educação em Ciências.

Por meio da leitura de todos os 85 resumos, selecionamos para compor o *corpus* desta investigação os trabalhos que, independentemente da área, traziam Prigogine como objeto de estudo (5 trabalhos) e os trabalhos que, ao nosso entender, tratavam das questões pertinentes ao campo de Educação em Ciências (24 trabalhos); e descartamos as investigações (56 trabalhos) que não se enquadraram na proposta desta investigação. Infelizmente, dentre os 24 trabalhos que tratavam de questões da Educação em Ciências, somente

obtivemos acesso a 16 deles. No Quadro 1 estão sumariadas as principais informações referentes às teses e dissertações que compõem o *corpus* desta investigação.

**Quadro 1. Quadro de teses e dissertações que compõe o *corpus* da investigação**

<b><i>Autor, Ano</i></b>	<b><i>Título</i></b>	<b><i>Tipo de trabalho / Universidade</i></b>	<b><i>Área do Programa de Pós-graduação</i></b>
Bezerra, 2013	Anagramas do corpo, processos de repetição e representação da condição humana: um diálogo entre Hans Bellmer e Pina Bausch.	Doutorado / UFRN	Educação
Klammer, 2012	Formação continuada para a prática docente no paradigma da complexidade com uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação	Doutorado / PUC PR	Educação
Marton, 2008	Paisagens sonoras, tempos e autoformação	Doutorado / UFRN	Educação
Araujo, 2009	Sonhos no devir das redes do Centro de Educação Ambiental, Ciências e Matemática	Doutorado / FURG	Educação Ambiental
Araújo, 2009	Prototexto, narrativa poética da ciência: uma estratégia de construção do conhecimento e religação de saberes no ensino de Física	Doutorado / UFRN	Educação
Martins, 2009	Projeto Civitas:(multi)(pli)cidades e as interveRsões do tempo na sala de aula Ensino Fundamental	Doutorado / UFRGS	Educação
Ferreira, 2002	Campos de significação e conhecimento em dispositivos digitais: análise das interações discursivas em listas de discussões	Doutorado / UFRGS	Informática na Educação
Machado, 2015	Olhares dos professores de licenciatura em Física: caminhos para uma prática pedagógica apoiada no Paradigma da Complexidade	Mestrado / PUC PR	Educação
Reis, 2014	Uma Ode ao Livro: a educação, o bibliotecário, uma formação para a vida.	Mestrado / UFRN	Educação
Severo, 2013	Compreensão de natureza e a formação do biólogo	Mestrado / UFRN	Educação
Freire, 2011	Possibilidades, contextos e limites na construção de um modelo de EAD numa perspectiva sistêmica	Mestrado / UNIT	Educação
Canastro, 2010	Educação, imagem e comunicação multimídia - comunicação e conhecimento tácito	Mestrado / PUC SP	Comunicação e Semiótica
Marton, 2005	Música, filosofia, formação: por uma escuta sensível do mundo.	Mestrado / UFRN	Educação
Chicolami, 2004	O Paradigma Emergente e suas implicações pedagógicas	Mestrado / UNISO	Educação
Paludo, 2001	A prática pedagógica docente no ensino superior: desafios na formação do contador na contemporaneidade empresarial	Mestrado / UFSC	Educação
Rupolo, 2000	O conhecimento, o ensinar e o aprender: entre o mundo dado e o mundo construído	Mestrado / UFSC	Educação

**Fonte:** Criado pelos autores.

Guiados pelo quadro 1, constatamos que a maior parte das pesquisas foram realizadas especificamente em programas de pós-graduação de Educação (13 trabalhos), as demais pesquisas foram realizadas em programas de Educação Ambiental (1 trabalho), Comunicação e Semiótica (1 trabalho) e Informática na Educação (1 trabalho). Dessa forma, até o presente momento, não há nenhum trabalho de conclusão de curso *stricto sensu* publicado pelos programas de pós-graduação de Educação em Ciências que traga Prigogine como referencial teórico.

## **Análise Textual Discursiva: Prigogine como referencial teórico**

Do processo de Análise Textual Discursiva, emergiram quatro categorias finais. Para cada uma dessas categorias finais, construímos um metatexto com o intuito de tentar capturar o emergente que os trabalhos do *corpus* de investigação podem nos apresentar, ao considerarmos a questão que nos inquieta: “o que é isto que se mostra da utilização do referencial prigoginiano nas pesquisas em Educação em Ciências?”. Tanto as categorias finais quanto os seus respectivos metatextos são apresentados na sequência.

A fim de facilitar a leitura dos metatextos, gostaríamos, inicialmente, de fazer algumas considerações acerca das categorias finais. Quanto às categorias [1] e [2], estas são destinadas a refletir sobre as implicações epistemológicas da utilização do *pensamento-Prigogine* nos trabalhos de conclusão de curso *stricto sensu* de Educação em Ciências. Já as categorias [3] e [4] encarregam-se de discutir a utilização mais pontual do referencial prigoginiano nos distintos momentos de compreensão dos trabalhos que compõem nosso *corpus* de investigação. De modo mais amplo, consideramos que as categorias [1] e [2] carregam uma perspectiva mais filosófica, ao passo que as categorias [3] e [4] se aêm à discussão da localização do referencial prigoginiano nas estruturas das pesquisas.

As categorias encontradas estão listadas em seguida.

[1] Prigogine, o tempo criativo e a escuta sensível da natureza: metáforas e analogias para a unificação das duas culturas.

[2] Prigogine e a construção do paradigma da complexidade - o posicionamento do ser humano no mundo.

[3] Os conceitos termodinâmicos e o constructo filosófico de Prigogine como ferramentas nos trabalhos de Ensino de Ciências.

[4] A contribuição efetiva do referencial prigoginiano na Educação em Ciências.

Os metatextos das quatro categorias resultantes são apresentados em sequência. Frisamos que, devido à pertinência, assumimos as categorias como os próprios títulos dos metatextos.

*[1] Prigogine, o tempo criativo e a escuta sensível da natureza: metáforas e analogias para a unificação das duas culturas*

A hibridez de Prigogine perante as duas culturas (a científica e a humanística) e até mesmo o conflito que experienciou entre elas são citados nos trabalhos de maneira positiva. Prigogine considera o confronto entre as duas culturas ultrapassado, e isso pode ser constatado ao se verificar que ele foi autor em várias áreas do saber (Reis, 2014). Por outro lado, ainda que considere ultrapassado, Prigogine acredita que este embate ainda é importante enquanto discussão (Araújo, 2009). Ainda nesse sentido, os trabalhos também trazem a questão da ligação de Prigogine com as artes, principalmente sobre a música, ter influência na riqueza intelectual e afetiva de sua obra (Marton, 2008; Reis, 2014).

Além do curriculum de sucesso na ciência e na academia, Prigogine era um homem sensível e encantado pelas artes. [...] “o interesse pela música, literatura, arqueologia, psicologia, direito e história tece a formação humanista de um cientista que centra suas pesquisas na Química orgânica e depois na físico-Química” (Almeida, 2004, p. 77). (Reis, 2014, p. 62).

Assim como fomos atingidos, outros autores também expressam como suas pesquisas foram, direta ou indiretamente, redirecionadas após terem contato com o referencial prigoginiano (Araújo, 2009; Klammer, 2012). Em outras palavras, eles evidenciam o impacto do contato com a obra prigoginiana que, pela sua originalidade e ousadia, nos envolve e nos inquieta enquanto cientistas e habitantes deste mundo.

A excentricidade de Prigogine ao discutir sua pesquisa também é ressaltada em alguns momentos, inclusive quando ele assume o inacabamento de suas obras já publicadas e dos conceitos que ele elaborou (Araújo, 2009). Enquanto pesquisadores nos é bastante empático ouvir de um cientista como Prigogine, que o inacabamento faz parte deste universo e que por ser uma propriedade dele, também fará parte de nossas investigações.

No livro *Entre o tempo e a eternidade*, Prigogine (1992, p. 11) adverte os leitores: “Optamos por apresentar as coisas no estado atual, sabendo como são incompletas nossas respostas, como são imprevisíveis os problemas que as teorias atuais provocarão”. O sentimento de inacabado se percebe também quando Prigogine se questiona acerca de seu pensamento e com este as noções adotadas por ele. (Araújo, 2009, p. 58)

Como já esperado, por ser uma das marcas mais características da obra prigoginiana, o tempo proposto por Prigogine é amplamente citado, reforçado e relacionado com outras variáveis qualitativas. O que chama a atenção no *corpus* da nossa investigação é que aqui ganha destaque a expressão *tempo criativo*, que é utilizada para diferenciá-lo do tempo linear imposto pela ciência clássica (Marton, 2005). Esse tempo criativo nada mais é do que o tempo que se desprende da reversibilidade, tomando a flecha do tempo e a irreversibilidade como fonte de ordem e não apenas de degeneração (Ferreira, 2002).

Sobre esse tempo criativo, os trabalhos destacam que, além de trazer ordem, ele é a propriedade que unifica a ciência, a cultura e a sociedade. Os autores utilizam a ideia de que o tempo criativo é o elo entre o determinismo eminente na natureza, descrito pelas leis da ciência clássica, e as possibilidades de criatividade, de inovação. Em outras palavras, a flecha do tempo seria a propriedade comum a tudo que existe no universo (Araújo, 2009; Bezerra, 2013; Martins, 2009). Apoiando-se na perspectiva prigoginiana de que o tempo é capaz de prover criação e novidades, os autores apontam que seria contraditório ele também ser, ao mesmo tempo, uma ilusão (Martins, 2009).

A questão do tempo criativo parece emergir nestes trabalhos através da compreensão do paradoxo do tempo, tópico recorrente na obra prigoginiana. E esse paradoxo trata da problematização da supervalorização da reversibilidade em um universo onde coexistem processos reversíveis e irreversíveis, sendo que a irreversibilidade está presente na quase totalidade dos fenômenos observáveis e inobserváveis. A pretensão de Prigogine com a discussão do paradoxo do tempo foi a abertura da Física para a experiência humana do tempo. Ao defender um tempo marcado pelo não determinismo, Prigogine nos coloca imersos num terreno de possibilidades (Machado, 2015; Martins, 2009).

Como anuncia Prigogine, vivemos um tempo marcado pela irreversibilidade e pelo não-determinismo. Daí porque o conhecimento científico – múltiplo, incerto e ambíguo por natureza -, precisa fazer uso da criatividade e da liberdade para construir o futuro, que não está determinado. Estamos imersos num terreno de possibilidades, probabilidades e possíveis. (Marton, 2005, p. 19)

Os autores também recorrem à discussão sobre a existência da história do tempo levantada por Prigogine, para chegar ao ponto de que a existência das bifurcações confere um caráter histórico à evolução de todos os sistemas (Araújo, 2009; Martins, 2009). E esse caráter histórico é inerente, também, a nós, seres humanos, já que estamos posicionados nesse mundo. Dessa forma, não apenas as estruturas que investigamos, mas também o nosso sistema educacional, as nossas pesquisas, a nossa cultura e até a nossa jornada individual contam uma história junto com a história que é contada sobre o universo. Estamos dizendo, junto a Prigogine, que realmente *somos* poeira estelar.

A noção de tempo criativo é apresentada pelos autores aqui analisados como o principal alicerce para uma proposta transdisciplinar de Prigogine; proposta essa que sugere o entrelaçamento entre a Filosofia, as

Ciências Naturais e as Ciências Sociais. O tempo criativo é tomado pelos autores como o mais genético dos princípios para a aliança entre as duas culturas. Essa nova aliança proposta por Prigogine pressupõe o diálogo respeitoso entre o ser humano e a natureza, resultando numa verdadeira aliança entre a cultura humanística e a cultura científica (Martins, 2009).

Com isso, Prigogine aponta que o universo demanda uma nova linguagem para descrevê-lo. Uma linguagem que recuse o determinismo e a previsibilidade. Uma linguagem que assuma o elemento narrativo. Uma linguagem que possa ser utilizada tanto pelos sistemas vivos, a sociedade humana, como pela ciência e pela arte. Ao utilizar essas ideias, os autores parecem ter visualizado em Prigogine contribuições para um momento de despertar, um momento de estar no mundo (Araújo, 2009; Klammer, 2012; Martins, 2009).

Prigogine (1991) contribuiu para um momento de despertar e de estar no mundo, tecendo uma teia contínua de desordem, imprevisibilidade e criatividade no processo de mudança seja nos sistemas vivos, como a sociedade humana, seja nas artes ou nas ciências. Ele alerta que a vida possui uma capacidade ilimitada e dinâmica de transformação. (Klammer, 2012, p. 145)

O entrelaçamento entre a Filosofia e a Ciência é a principal proposta de aliança idealizada por este pensador. Prigogine tinha essa perspectiva, enquanto Bergson enxergava uma dualidade super-radical entre essas duas entidades, sendo esse o ponto de desencontro teórico entre estes dois pensadores (Martins, 2009). É o que faz com que Prigogine acredite nessa aliança entre a Filosofia e a Ciência é, mais uma vez, sua crença no tempo irreversível, ou, como vem sendo utilizado pelos autores aqui analisados, pelo tempo criativo.

Os autores adotam Prigogine como um representante com potencialidade para unir os planos científico e filosófico. E isso faz muito sentido uma vez que a obra de Prigogine foi construída de maneira verdadeiramente híbrida. Apesar de Prigogine não se intitular filósofo ou epistemólogo, não é difícil encontrar, nos trabalhos aqui analisados, menções à *epistemologia de Prigogine*. Tal apontamento sugere que os autores aqui estudados veem a obra prigoginiana com pertinência suficiente para intitulá-la como epistemologia. Os trabalhos apontam que a Filosofia prigoginiana, ainda que inovadora, consegue atualizar importantes diálogos que já aconteceram anteriormente, mas que ainda permanecem relevantes e precisam de revisão (Araújo, 2009; Martins, 2009).

Já é fato tangível a utilização do referencial prigoginiano em diversas áreas para além da termodinâmica. Seguindo esse caminho, nos trabalhos que compõem o *corpus* desta investigação, a obra prigoginiana é posta em contato com outras áreas relevantes, demonstrando assim a intenção de integrar diferentes áreas do saber como, por exemplo, a Física e a Literatura (Araújo, 2009); Literatura, Complexidade e Educação (Reis, 2014); Artes, Cultura Científica e Cultura Humanística (Bezerra, 2013).

É visível que o referencial prigoginiano é bastante utilizado quando se buscam interfaces entre as ciências naturais e as ciências sociais e, nos trabalhos aqui analisados, ganham bastante destaque as áreas relacionadas com o fazer artístico (Araújo, 2009; Bezerra, 2013). A relação que Prigogine tem com as artes, principalmente com a música, é muito evidente nos trabalhos que compõem o *corpus* desta investigação. Inclusive, no trabalho de Marton (2005), é pormenorizada a importância da música na jornada de Prigogine e de como ele fez da música uma metáfora da complexidade em sua vida. Marton (2005), além de relacionar os conceitos de bifurcação e de tempo criativo na experiência humana da música, ainda concluiu que a ciência de Prigogine é musical. Nesse mesmo sentido, Araújo (2009) aponta que, além da música, Prigogine teve forte influência também da literatura em sua formação intelectual, informação esta bastante evidenciada nos trabalhos do *corpus* desta investigação.

Em sua obra, Prigogine refuta a ideia de que a arte pertence ao mundo somente como algo que surge das mãos dos artistas. A obra prigoginiana toma a arte como a expressão de algo que é fundamental na natureza, considerando a arte como um aspecto inerente à natureza. Para Prigogine, a metáfora da imagem da ciência atual é uma obra de arte, ratificando seu encantamento pela cultura humanística (Araújo, 2009; Bezerra, 2013).

Podemos sintetizar o que foi discutido até aqui dizendo que os trabalhos de conclusão de curso *stricto sensu* do campo de Educação em Ciências, aqui analisados, e que utilizam o referencial prigoginiano em sua

elaboração, o fazem evocando a escuta *sensível, poética e artística da ciência, da natureza e do universo* proposta por Prigogine. Tendo o tempo criativo como elemento norteador, o constructo teórico prigoginiano contribui com analogias e metáforas que favorecem o entrelaçamento do campo de Educação em Ciências com diferentes áreas do saber.

## [2] *Prigogine e a construção do paradigma da complexidade - o posicionamento do ser humano no mundo*

A propositura prigoginiana de desconstrução do mundo autômato proposto pelo paradigma cartesiano-newtoniano é amplamente citada nos trabalhos que compõem o *corpus* desta investigação. Os autores expõem, através de Prigogine, que a ciência construída em torno do tempo-trajetória se mostra limitada e até perde a sua significação. Este evento parece ter acontecido porque a ciência clássica se baseou quase completamente em sistemas deterministas, considerando o instável como exceção. Na perspectiva newtoniana, o universo é reversível (Machado, 2015; Martins, 2009).

Quando Prigogine faz sua contraproposta de inserção da flecha do tempo na análise dos sistemas, ele vai de encontro às teorias de renomados cientistas como Newton, Einstein e Schrödinger. Apesar da relevância das teorias elaboradas por esses pesquisadores, elas não reservam lugar ao acontecimento, ao evento, ao que é novidade. No caso da teoria de Newton, em que as equações são invariantes em relação ao sinal do tempo, o futuro se torna uma reprodução do passado e é reforçada a visão analógica de mundo máquina (Ferreira, 2002; Machado, 2015; Martins, 2009).

Conforme Prigogine, as teorias Físicas de Newton, da relatividade e quântica, são deterministas e reversíveis. Nelas, a inversão dos tempos (passado e futuro reversíveis) não altera as leis e relações entre os eventos da natureza. Elas são contemporâneas do Demônio de Laplace<sup>5</sup>: a previsão sobre os eventos depende tão-somente do conhecimento de todas as variáveis em jogo e suas transformações no tempo (mesmo que relativo, conforme a teoria de Einstein). Sobre isso, afirma Prigogine: “As leis da natureza enunciadas pela Física são da esfera, portanto, de um conhecimento ideal que alcança a certeza. Uma vez que as condições iniciais são dadas, tudo é determinado” (Ferreira, 2002, p. 406).

Prigogine almeja a desconstrução do mundo autômato descrito pela ciência clássica através de conceitos termodinâmicos desenvolvidos por ele próprio. Os trabalhos aqui analisados corroboram essa informação ao apontarem que a ideia das estruturas dissipativas foi uma das teorias que mais contribuiu substancialmente para a crise do paradigma newtoniano. A comprovação prigoginiana do surgimento da ordem através de flutuações<sup>5</sup> em contextos de irreversibilidade questionou os fundamentos do universo estático da dinâmica (Chicolami, 2004; Klammer, 2012).

O ponto de virada para esta desconstrução, segundo Prigogine, foi a constatação de que a irreversibilidade da segunda lei da termodinâmica<sup>6</sup> já não podia ser visualizada como sinônimo de destruição. As novas interpretações do caos,<sup>7</sup> da flecha do tempo, da entropia e da auto-organização advindas da nova concepção da segunda lei da termodinâmica sugerida por Prigogine é um ponto fulcral para que haja a conciliação das duas visões de mundo (Araújo, 2009).

É, então, apresentada uma semântica prigoginiana que leva a uma verdadeira reformulação dos conceitos tradicionais, mas não apenas deles, visto que, além da Física newtoniana, a relatividade e a quântica se mostraram como teorias construídas, alicerçadas nos princípios do determinismo e da reversibilidade. Por outro lado, e já respaldando o trabalho prigoginiano, os autores alertam que a teoria das estruturas dissipativas somente parecerá ser paradoxal se ela for lida a partir de um prisma cartesiano (Araújo, 2009; Rupolo, 2000).

Como já foi mencionado, ela (a teoria das estruturas dissipativas) descreve a auto-organização, e assim se chama para enfatizar a coexistência entre o ato de dissipar que tradicionalmente vem associado à dispersão, e a ordem que emerge espontaneamente desta dissipação. Assim, aquilo que inicialmente parece um paradoxo somente o é se analisado sob o ponto de vista cartesiano-newtoniano. (Rupolo, 2000, p. 50)

Prigogine é considerado como um dos fundadores da nova visão de mundo e os trabalhos demonstram, por diversas vezes, o impacto de sua obra no que tange às rupturas com o modelo clássico de ciência. E é dessa forma que os autores encontram sustentação em Prigogine para discorrer sobre a crise do paradigma conservador. Prigogine, juntamente com outros autores, ao não concordar com uma ciência pautada em certezas, está fundamentando um novo paradigma. Esse novo paradigma demanda uma revisão da nossa concepção de mundo, de sociedade e de ser humano. Trata-se do paradigma da complexidade (Bezerra, 2013; Klammer, 2012).

A irreversibilidade prigoginiana nos possibilita enxergar que a vida é, ao mesmo tempo, processos de novidade, de repetição e, sobretudo, de complexidade. E a complexidade pressupõe que cada ciência consiga exprimir apenas uma parte do real. Pensar de maneira complexa exige que tenhamos em mente que os fenômenos funcionam por meio de um princípio de complementariedade, onde o inacabamento parece ser uma marca constante (Araújo, 2009; Bezerra, 2013).

Nesse sentido, é muito expressivo no *corpus* desta investigação que os trabalhos que utilizam Prigogine como aporte teórico, o fazem sob o ponto de vista da complexidade. Esta recorrência é pertinente uma vez que Prigogine, por meio de referenciais alicerçados na unidade, diversidade, emoção e intuição, é um dos pensadores mais comprometidos com a construção do paradigma da complexidade. Prigogine nos atrai à medida que nos chama para uma nova racionalidade, uma racionalidade distante de situações simplificadas e idealizadas, e mais próxima da complexidade do mundo real.

Segundo Prigogine (1996, p. 14): Pensamos situar-nos hoje num ponto crucial dessa aventura, no ponto de partida de uma nova racionalidade que não mais identifica ciência e certeza, probabilidade e ignorância. [...] Assistimos ao surgimento de uma ciência que não mais se limita a situações simplificadas, idealizadas, mas nos põe diante da complexidade do mundo real, uma ciência que permite que se viva a criatividade humana como expressão singular de um traço fundamental comum a todos os níveis da natureza. (Araújo, 2009, p. 48)

Também constatamos que Prigogine, por vezes, é citado nos trabalhos por ter servido como subsídio para a elaboração de teorias de outros autores que dialogam com a complexidade como, por exemplo, Morin. A utilização dos conceitos de Prigogine para a elaboração de novas teorias o coloca em um lugar de destaque no universo das ciências da complexidade. Da mesma forma, devido à sua autoridade no assunto, Prigogine também é chamado nos trabalhos para contar especificidades da complexidade, tais como seu embasamento, seu surgimento, entre outros (Klammer, 2012; Reis, 2014).

É interessante que os autores que escrevem sobre Educação em Ciências apostem no paradigma da complexidade, pois, conforme afirma Prigogine, as ciências da complexidade insistem na criatividade em todos os níveis da natureza. Dessa forma nós, educadores em ciências, cientistas e cidadãos, ao compreender os pontos de metamorfose na construção do conhecimento, também passaremos a conceber a natureza como sendo uma entidade viva. Sendo viva, esta natureza não está posta e nem pode ser compreendida totalmente em um único plano de realidade ou através de um único modelo teórico (Machado, 2015; Severo, 2013).

Prigogine advoga em favor da necessidade de se compreender a multiplicidade criativa do mundo real, por isso seu comprometimento com a construção do paradigma da complexidade. De maneira geral, a teoria prigoginiana entende que o universo é bem mais complexo e interativo do que classicamente imaginamos. Para que compreendamos este mundo, é preciso que também o entendamos como sendo essencialmente complexo (Severo, 2013).

Nós já não estamos no estado de confiança que estava ligado à ideia de que tínhamos compreendido o universo, a sociedade, as culturas... de uma vez por todas. Nós damos-nos conta de que estamos num universo bem mais complexo e interativo, ao qual deve corresponder uma formulação diferente dos problemas. Ilya Prigogine. (Severo, 2013, p. 80)

A complexidade pretendida por Prigogine exige o fim das certezas. Ao tecer sua teoria num cenário em que não existem certezas, o referencial prigoginiano constrói o argumento de que o futuro não nos é dado. Diferentemente do que prega a ciência clássica, o futuro existe e não está determinado. E essa é a mensagem de otimismo de Prigogine à humanidade (Machado, 2015). A discussão sobre o “fim das certezas” é recorrentemente utilizada nos trabalhos aqui analisados.

Os trabalhos apontam que a incerteza é um importante elemento do referencial prigoginiano, revelando que ela não é propriedade apenas do universo, mas sim da própria existência humana. É que, de fato, Prigogine pretendeu colaborar, desde a elaboração da teoria das estruturas dissipativas, para a construção de uma noção de ciência mais humana, feita por seres humanos para os seres humanos (Araújo, 2009; Machado, 2015).

Ao descartar a formulação original da entropia,<sup>8</sup> em que a irreversibilidade é fruto da ignorância humana, Prigogine já demonstrava seu posicionamento de considerar a existência do ser humano no mundo. O fim das certezas justifica a derrubada de qualquer teoria que se pretenda definitiva, tomando o ser humano como sujeito da sua própria história (Canastro, 2010; Ferreira, 2002).

Em cada geração, os seres humanos tentam, a partir da ciência, encontrar uma forma de coerência intelectual, mas para Prigogine, a compreensão da natureza acontece ao mesmo tempo em que se situa o ser humano neste mundo. Assim, o olhar prigoginiano evidencia não apenas as mudanças que acontecem no meio científico, mas também as mudanças que ocorrem no seio da nossa sociedade. Prigogine questiona o *pertencer* do ser humano no mundo e talvez seja esta a preocupação mais humanística da sua obra (Araújo, 2009; Chicolami, 2004).

Tão grande era a preocupação de Prigogine com a humanidade que sua principal teoria, a teoria das estruturas dissipativas, parece se referir também ao ser humano e à nossa sociedade enquanto tratados como sistemas abertos. Trabalhos deste *corpus*, inclusive, acreditam na pertinência da teoria das estruturas dissipativas para a abordagem das estruturações das interações humanas. A ideia é que, nas interações humanas, nossas ações se assemelham às bifurcações sucessivas longe do equilíbrio. São esses processos distantes do equilíbrio que revelam a principal marca da natureza e, conseqüentemente, da humanidade: a criatividade para se auto-organizar, trazendo, a partir do caos, uma nova ordem (Chicolami, 2004; Ferreira, 2002; Rupolo, 2000).

### [3] Os conceitos termodinâmicos e o constructo filosófico de Prigogine como ferramentas nos trabalhos de Educação de Ciências

Constatamos que os trabalhos que compõem o *corpus* desta investigação fazem substancial uso da teoria prigoginiana, que é mais voltada para o desenvolvimento da termodinâmica. Nesse contexto, Prigogine é chamado para apresentar os seus conceitos desenvolvidos pelo *pensamento-Prigogine* e para discutir a sua teoria. Exemplos de fragmentos retirados dos trabalhos são apresentados a seguir:

Numa explicação que consideramos genial, Prigogine afirma que a análise das partículas individuais não registra que estas possam ser sólidas ou líquidas. As fases só são reconhecidas como propriedades do conjunto das partículas. “A existência das transições de fase traduz, portanto, uma propriedade emergente, irreduzível a uma descrição em termos de comportamentos individuais”, afirma o físico (1996: 47). (Ferreira, 2002, p. 414)

As transformações da natureza são marcadas pela dinâmica dos “sistemas longe do equilíbrio”, como apontam os estudos de Ilya Prigogine, prêmio Nobel de Química em 1977. O surgimento do novo, da novidade e da inovação nos sistemas naturais nos expõe uma face da realidade nunca inteiramente determinada e pronta, mas em constante construção (Prigogine, 2009). (Severo, 2013, p. 17)

Diferentemente do que esperávamos no início desta pesquisa, a larga utilização obra prigoginiana voltada para o desenvolvimento da termodinâmica não fez com que as contribuições epistemológicas de Prigogine fossem negligenciadas. De fato, a pertinência das contribuições de Prigogine para o desenvolvimento da termodinâmica é inquestionável e não há por que os trabalhos aqui analisados não fazerem uso delas, uma vez que esses mesmos trabalhos também conversam com as ideias filosóficas de Prigogine.

A obra prigoginiana parece ser um referencial teórico que serve aos autores em duas direções distintas: um referencial que conversa com as duas culturas. Por isso, a utilização de uma perspectiva não anula ou interfere na utilização da outra. Mais uma vez, fica ratificado que Prigogine foi autor transdisciplinar, que além de advogar em favor de uma mesma linguagem para as duas culturas, aplicou esse pressuposto em sua própria obra.

Mais do que não haver competição entre as duas frentes seguidas por Prigogine, acreditamos que os autores que o conheceram por suas pesquisas em termodinâmica, também tiveram a oportunidade de ter acesso ao seu potencial filosófico. Essa situação é bastante positiva, pois amplia a utilização da epistemologia prigoginiana, levando-a a espaços onde talvez não fossem ser considerados como aspectos filosóficos para a elaboração de pesquisas.

Também identificamos a utilização da obra prigoginiana para subsidiar informações históricas sobre o desenvolvimento da ciência, como mostram os fragmentos a seguir:

[...] apresentamos um histórico dos paradigmas da ciência, desde a antiguidade, passando pela Idade Média e concentrando-se na Revolução Científica e na Física moderna, sendo essas análises fundamentadas em autores como Capra (1997), Heisenberg (1999), Moraes (2012) e Prigogine (2002). (Machado, 2015, p. 8)

O modelo de universo descrito por Newton e que vem se sucedendo por séculos é “regido por leis da natureza, reversíveis e deterministas, que levaram seus sucessores a um determinismo cada vez mais geral e universal. Tudo estaria programado desde a origem do mundo”. (Prigogine, 2002, p. 22). (Martins, 2009, p. 86)

A utilização do referencial prigoginiano como aporte para a apresentação de informações acerca da História da Ciência nos parece fazer sentido, pois Prigogine dedica considerável parte de sua obra, principalmente no livro *A Nova Aliança* (1991), à discussão da construção da ciência, em especial no que tange aos paradigmas. Uma análise mais detalhada da obra prigoginiana mostra, sem muita dificuldade, que os dados apresentados por Prigogine (1991) que resvalam na História da Ciência são bastante densos, apresentados com posicionamento crítico e rico em detalhes.

Visualizar que os pesquisadores de Educação em Ciências estão utilizando a construção histórica descrita por Prigogine em seus trabalhos, para discutir os princípios da construção da Ciência, nos entusiasma, pois comprova a potencialidade do pensamento de Prigogine como pensador sobre a ciência. Apesar de nunca ter se intitulado como filósofo, como já foi comentado, entendemos a obra de Prigogine como tendo a relevância do constructo teórico de um verdadeiro epistemólogo.

Os trabalhos aqui analisados reforçam nossa perspectiva quanto à pertinência de Prigogine para discutir questões que vão muito além do campo da termodinâmica. E isso é evidenciado quando os trabalhos do nosso *corpus* de investigação apresentam um diálogo e uma utilização da obra prigoginiana com importantes referenciais de áreas distintas ao campo das ciências naturais. Essa constatação pode ser visualizada por meio dos fragmentos apresentados na sequência:

Na medida em que Bellmer propõe a reversibilidade do corpo como a assunção de novas posições para seus órgãos, aproxima-se do conceito de irreversibilidade trabalhado por Prigogine, já que tais órgãos não retornaram às posições clássicas. (Bezerra, 2013, p.141)

Primeiramente, vamos a um diálogo com Prigogine para, a seguir, construirmos alguns atravessamentos com Bergson, trazendo uma nova perspectiva com relação ao universo material que as atuais teorias dos sistemas complexos permitem pensar. (Martins, 2009, p.201)

Esses fragmentos nos mostram que os autores visualizaram pertinência na obra prigoginiana para colocá-la em diálogo com importantes pensadores do campo das Ciências Sociais. No campo da Filosofia, Prigogine é frequentemente colocado em interlocução com Morin e Bergson. O diálogo da obra prigoginiana com esses dois filósofos é recorrente, pois Prigogine se inspirou em Bergson para construir sua pesquisa e Morin usa os conceitos de Prigogine para construir a sua teoria da complexidade (Earley, 2006; Morin, 1990).

Prigogine também é colocado em contato com outros autores que possuem formação em alguma das Ciências Naturais, mas que, em contrapartida, já possuem pertinência consolidada na discussão de assuntos epistemológicos. Estamos tratando, no que se refere ao *corpus* desta investigação, de Capra, Maturana e Nicolescu. Por outro lado, a motivação da proposição da interlocução da obra prigoginiana com cada um desses pensadores apresenta diferenças.

Assim como Morin, Capra (2010) naturalmente dialoga com Prigogine, pois ele também utilizou os conceitos elaborados por Prigogine para elaborar a sua própria teoria. Já Maturana (1997) é comumente discutido junto a Prigogine por também ter desenvolvido uma teoria de auto-organização: a teoria da Autopieise. Quanto a Nicolescu (2005), ele se alinha ao *pensamento-Prigogine* ao também advogar em favor de uma reconciliação transdisciplinar entre as ciências e as humanidades.

Talvez o entrelaçamento mais inusitado da obra prigoginiana, vista nesta investigação, seja com Bellmer, importante fotógrafo, escultor, escritor e pintor associado ao movimento surrealista (Bezerra, 2013). O que coloca Prigogine em contato com Bellmer é o posicionamento convergente quanto à irreversibilidade.

Os diálogos especificamente direcionados ao campo de Educação em Ciências são os que acontecem entre Prigogine e Morin – um dos propositores da reforma da educação em bases transdisciplinares – e entre Prigogine e Piaget – um dos mais tradicionais e influentes nomes no campo educacional e propositor do princípio da reequilíbrio cognitiva no desenvolvimento humano. Para nós, esses diálogos são indiscutivelmente relevantes e necessários; por outro lado, gostaríamos de fazer alguns apontamentos importantes para o enriquecimento da Educação em Ciências por meio da utilização do *pensamento-Prigogine*.

O primeiro ponto que levantamos é que Prigogine realmente influenciou a obra piagetiana; por outro lado, a utilização do referencial prigoginiano por Piaget está relacionada às contribuições de Prigogine à termodinâmica de processos irreversíveis. Piaget utiliza os conceitos termodinâmicos elaborados por Prigogine para discutir a questão do equilíbrio cognitivo (Ferreira, 2002). Reiteramos que a utilização da obra prigoginiana na construção de teoria do campo educacional é extremamente importante, mas também acreditamos que o *pensamento-Prigogine* tem pertinência para romper essa barreira e ser utilizado também como referencial epistemológico para a construção de trabalhos no campo de Educação em Ciências, como outras áreas já o fazem, como a Psicologia e a Sociologia, por exemplo.

Os trabalhos que entrelaçam o constructo teórico de Prigogine com o de Morin, por exemplo, rompem essa barreira e já utilizam o *pensamento-Prigogine* para além de analogia com os seus conceitos termodinâmicos. Apesar de Morin (1990) também fazer uso dos conceitos termodinâmicos de Prigogine, ele utiliza as proposições epistemológicas do *pensamento-Prigogine* para discutir a complexidade. Entendemos, dessa forma, que, ao se trazer a discussão epistemológica de Prigogine para as pesquisas da Educação em Ciências, podemos abrir novas perspectivas em nossa área. Mas para isso, precisamos levar Prigogine para além de seus conceitos termodinâmicos e dar relevância a sua construção e contribuição filosófica.

O segundo ponto que nos chama a atenção é que, nos trabalhos do campo educacional, Prigogine é frequentemente *triangulado* com Morin em um contexto de pensamento complexo, e poucas são as pesquisas que apostam em outras interlocuções diferentes desta. Quantas outras bifurcações também são possíveis de serem feitas com a obra prigoginiana dentro do campo de Ensino de Ciências? Quantas oportunidades estamos perdendo ao isolar o *pensamento-Prigogine* à discussão da complexidade?

Acreditamos que seja o momento de colocar Prigogine em diálogo com outros referenciais em nossas pesquisas. Acreditamos que é possível fazer emergir o novo e descobrir diferentes caminhos possíveis, utilizando o constructo filosófico prigoginiano como ferramenta nos trabalhos de Educação em Ciências. Esperamos que, assim como Prigogine, nós também consigamos fazer das nossas investigações, pesquisas transdisciplinares.

#### [4] A contribuição efetiva do referencial prigoginiano na Educação em Ciências

Nesta categoria, são apresentadas as relações entre perspectivas, a ratificação de argumentos e a construção de novas propostas na Educação em Ciências a partir da utilização do referencial prigoginiano nos trabalhos que compõe o *corpus* desta investigação. Em primeira instância, visualizamos que parte dos trabalhos expressa abertamente a utilização da obra prigoginiana no desenvolvimento de suas discussões relacionadas à educação. Os fragmentos apresentados na sequência ilustram essa afirmação.

As linhas de tensionamento para pensar a invenção em educação, e, mais especificamente, a invenção na sala de aula e na formação de professores foram estudadas, para esta tese, a partir das produções filosóficas de Bergson, Deleuze e Guattari, e científicas com Prigogine (Martins, 2009, p. 11)

Objetivou-se caracterizar as práticas docentes, suas relações com o perfil profissional formado e com os objetivos do curso. Utilizaram-se estudos de Lévy (1995), Doll (1997), Etges (1999), Prigogine (1996), Foerster (1996), entre outros teóricos, para análise da prática docente. (Paludo, 2001, p. 7)

A utilização do *pensamento-Prigogine* para o desenvolvimento de discussões relacionadas especificamente à Educação difere da situação em que a obra prigoginiana é utilizada somente para fundamentar a construção dos trabalhos de campo de Educação em Ciências. O que os fragmentos anteriores nos revelam é que Prigogine foi colocado em contato com as discussões que são o foco de nossa área. Essa constatação é bastante interessante para nós, já que abre perspectivas para a inserção da obra prigoginiana como referencial epistemológico para as discussões que ocorrem na área de Educação em Ciências.

De maneira semelhante à relatada anteriormente, porém com análises mais pontuais, os conceitos criados ou recorrentes na obra de Prigogine também foram postos em contato com conceitos e conteúdos do campo educacional. Gilstrap (2007) vê coerência nessa atitude, pois, para este pesquisador, ao compreender as teorias de Prigogine, podemos construir não só metáforas sobre a experiência humana, mas também sobre os processos educativos. Nesse sentido, ao fazer a extrapolação da utilização da teoria prigoginiana da área da Educação para a área da Educação em Ciências no que tange ao nosso *corpus* de trabalhos, conseguimos esquematizar os conceitos prigoginianos e os assuntos com os quais eles foram relacionados, por meio do Quadro 2.

**Quadro 2. Conceitos prigoginianos relacionados a conteúdos do campo da Educação em Ciências**

<b>Conceito prigoginiano</b>	<b>Autor, ano</b>	<b>Conteúdo do campo da Educação em Ciências</b>
Bifurcação	Marton, 2005	Música
Bifurcação / Incerteza	Rupolo, 2000	Educação
Bifurcação	Ferreira, 2002	Interações discursivas
Bifurcação	Martins, 2009	Práticas pedagógicas
Bifurcação / Flutuação	Bezerra, 2013	Ciências da complexidade / Educação
Flutuação	Marton, 2005	Estrutura musical /Ciências da complexidade
Estruturas dissipativas	Rupolo, 2000	Processos Cognitivos
Estruturas dissipativas	Machado, 2015	Desafios no ensino
Estruturas dissipativas	Klammer, 2012	Sala de aula universitária
Estruturas auto-organizativas	Araújo, 2009	Processo de criação textual
Auto-organização	Klammer, 2012	Formação de professores
Acoplamento	Ferreira, 2002	Processo de comunicação

<b>Conceito prigoginiano</b>	<b>Autor, ano</b>	<b>Conteúdo do campo da Educação em Ciências</b>
Equilíbrio das trocas	Ferreira, 2002	Interações discursivas
Zonas de instabilidade	Ferreira, 2002	Interações discursivas
Determinismo / Imprevisibilidade	Martins, 2009	Pedagogia
Tempo criativo	Marton, 2005	Música
Sistemas caóticos	Araujo, 2009	Ecosofia Virtual

**Fonte:** Criado pelos autores.

Ao analisar o Quadro 2, percebemos que diversos conceitos prigoginianos foram colocados em contato com variados assuntos relacionados, direta ou indiretamente ao campo educacional. Longe de pretender uma análise quantitativa, percebemos que o conceito mais utilizado pelos autores foi o de bifurcação, sendo computado cinco vezes. Vale mencionar que o conceito de estruturas dissipativas apareceu três vezes, enquanto os conceitos de flutuação e auto-organização também apresentam destaque ao aparecer duas vezes, cada um. Não nos demoraremos neste tópico, pois não é objetivo desta pesquisa, mas acreditamos que os conceitos elencados no Quadro 2, e principalmente os que destacamos, de fato abrem um leque de oportunidades para auxiliar a repensar os processos educativos.

Também percebemos que o referencial prigoginiano foi utilizado por alguns autores como ferramenta para ratificar suas discussões em campos educacionais. A seguir apresentamos alguns exemplos em que notamos essa tendência:

Talvez possamos escolher entre duas opções como educadores e como biólogos. Ou reafirmar os nós e os pontos de estrangulamento da criatividade e de uma ciência aberta, ou, como Prigogine, procurar razões para o otimismo. Escolho a segunda via. (Severo, 2013, p.130)

No entanto, evoquei um princípio de criação, uma poéticogênese com base na teoria da termodinâmica longe do equilíbrio de Prigogine, que permite mostrar o prototexto ser natural em suas propriedades e operações com os laços narrativo-históricos entre Física e Literatura desde a formação das primeiras moléculas no microcosmo. (Araújo, 2009, p. 96)

A utilização do *pensamento-Prigogine* como ferramenta para corroborar discussões em campos educacionais indica, mais uma vez, o quão pertinente é a obra prigoginiana para além do campo termodinâmico, chegando a ecoar, também, no campo de Educação em Ciências. Quando vemos Prigogine ser utilizado como figura de autoridade para consolidar pensamentos no campo educacional, ficamos inquietos e nos questionamos: o que falta para estreitarmos esses laços e trazer Prigogine, efetivamente, como referencial epistemológico para a Educação em Ciências? Quando Prigogine assumirá a posição de referência para a elaboração de teorias dentro das pesquisas em Educação em Ciências? Talvez já tenhamos as prerrogativas para isso!

Dentro do *corpus* deste trabalho, encontramos somente três investigações que elaboraram suas propostas teóricas para o campo de Educação em Ciências diretamente a partir do referencial prigoginiano. Os fragmentos em que os autores expõem essa informação são apresentados a seguir:

[...] faremos uma discussão a partir dos conceitos de instabilidade, bifurcação e a descoberta do tempo irreversível de Ilya Prigogine e do tempo-invenção de H. Bergson. [...] retomaremos essas teorias e esses conceitos para propor a construção de um diagrama de linhas e fluxos: “diagrama das interveRsões”. (Martins, 2009, p. 145)

Referenciados em Piaget e Prigogine, criamos um quadro de análise para a compreensão da dinâmica das trocas. Recuperamos para a comunicação, a discussão da entropia e da incerteza, numa perspectiva diversa da sugerida pela Teoria da Informação. (Ferreira, 2002, p. 464)

A Ecosofia Virtual é criada a partir de um plano determinável, que é constituído pelo agenciamento/interação com outros conceitos e que também leva à criação de novos conceitos, tecendo uma trama aberta e complexa. Suas redes foram constituídas no devir do plano que proporciona pensar a interdependência entre a visão sistêmica, caótica, rizomática e complexa do mundo, na interação com os conceitos criados por Morin, Capra, Prigogine, Maturana, Varela, Espinosa, Nietzsche, Bachelard, Deleuze, Guattari e Lévy, dentre outros. (Araujo, 2009, p. 47)

Apesar de três pesquisas não parecer uma quantidade substancial, e estatisticamente realmente não o é, essas investigações têm elevada pertinência, pois servem para nós como prerrogativas. Esses trabalhos mostram a possibilidade, na prática, da utilização do *pensamento-Prigogine* para a elaboração de propostas no campo educacional.

Baseados nisto, esperamos que seja mais frequente a realização de pesquisas que utilizem o referencial prigoginiano especificamente como referencial teórico para elaboração de propostas no campo de Educação em Ciências. Os benefícios dessa utilização já podem ser evidenciados em outras áreas que abraçaram o referencial prigoginiano e ou se depararam com novas problemáticas ou descobriram novas perspectivas para a discussão das antigas problemáticas.

Ainda que não seja o intuito desta investigação, nos antecipamos em anunciar que a principal contribuição de Prigogine para o campo da Educação em Ciências é o seu potencial de reinterpretação de temáticas já discutidas – mas que precisam ser revisitadas – por meio de uma nova leitura de mundo. E essa nova leitura não mais permite que o mundo seja enxergado com as lentes simplistas do paradigma newtoniano. O pensamento-Prigogine ao propor uma revisão dos fundamentos da ciência clássica, acaba por sugerir que as discussões que foram influenciadas e encerradas pela irreversibilidade sejam revisitadas também no campo da Educação em Ciências.

Almeida (2014) aponta a *construção do conhecimento, a importância da história para a construção do conhecimento e a problematização do conceito e do progresso científico* como alguns exemplos de temáticas que são próprias do campo da Educação em Ciências e que podem (e devem) ser reanalisadas utilizando agora as lentes prigogianas.

Ao visitar essas problemáticas, o pensamento-Prigogine agora as compreende como partes integrantes de um mundo complexo. Um mundo que aceita a irreversibilidade dos fenômenos por meio da *Nova Aliança*.<sup>9</sup> E é através da incorporação dessa *Nova Aliança* nas discussões que permeiam o ato de ensinar Ciências que Prigogine será oportunizado a contribuir epistemologicamente com o campo da Educação em Ciências.

Porém, para que a obra prigoginiana emergja na Educação em Ciências é preciso que nós, pesquisadores, nos neguemos a nos pautar segundo pressupostos conservadores da academia. O referencial prigoginiano é ocasionalmente criticado no campo das Ciências Naturais por questionar teorias já cristalizadas no meio científico (Bricmont, 1995; Novaes, 2010). Ir contra a tradicional corrente que afirma que o tempo é reversível (isto é, que as leis da Física são igualmente válidas para o tempo positivo e negativo) fez com que o *pensamento-Prigogine* fosse subestimado ou até subjugado pela parcela mais conservadora da academia. Contudo, como já afirmou Prigogine, nós não precisamos seguir os erros do passado; podemos escolher diferentes caminhos dos que nos são apresentados.

Levantamos também a hipótese de que talvez falte mais divulgação do conteúdo, pertinência e originalidade do referencial prigoginiano para que a comunidade científica de Educação em Ciências conheça, analise e, possivelmente, trabalhe com a obra prigoginiana. Esta pesquisa é um dos vários passos necessários para que nós, pesquisadores em Educação em Ciências, sejamos instigados a levar o universo-Prigogine para nossas investigações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já apresentado, quanto ao processo de Análise Textual Discursiva aplicada ao *corpus* desta investigação, observamos que as categorias [1] e [2] carregam uma perspectiva mais filosófica em sua composição, ao passo que as categorias [3] e [4] se atêm à discussão da localização do referencial prigoginiano nas estruturas das pesquisas.

Da categoria [1], depreendemos que os trabalhos do campo de Educação em Ciências que utilizam o referencial prigoginiano em sua elaboração, o fazem evocando a escuta sensível, poética e artística da ciência, da natureza e do universo, proposta por Prigogine. Nessas pesquisas, é possível perceber que o constructo teórico prigoginiano contribui com analogias e metáforas que favorecem o entrelaçamento do campo de Educação em Ciências com as diferentes áreas do saber.

A categoria [2] advoga em favor da construção de uma nova ciência à luz do *pensamento-Prigogine*. Nesta categoria, destacamos como os trabalhos do campo de Educação em Ciências se apropriam da ideia prigoginiana de desconstrução do mundo autômato imposto pelo paradigma cartesiano-newtoniano. Os trabalhos salientam que a desconstrução é proposta em torno de conceitos elaborados por Prigogine, tais como flecha do tempo e estruturas dissipativas. Da categoria [2] concluímos que a proposta prigoginiana do Fim das Certezas é fundamental para que o ser humano seja posicionado no mundo.

No que tange à categoria [3], esta se preocupou, num primeiro momento, em apresentar como o referencial prigoginiano mais voltado à termodinâmica e que dialoga com os trabalhos do Campo de Educação em Ciências. Percebemos que a ampla utilização da obra prigoginiana direcionada ao desenvolvimento da termodinâmica não fez com que as contribuições epistemológicas de Prigogine fossem negligenciadas pelos trabalhos analisados. A categoria [3] nos alerta que é momento de colocar Prigogine para dialogar com novos referenciais do campo de Ensino de Ciências.

Finalmente, quanto à categoria [4], esta se encarregou de localizar a contribuição efetiva que o referencial prigoginiano já trouxe para a Educação em Ciências. Essa categoria [4] nos revela que a obra prigoginiana já foi utilizada para a construção de novas propostas em nossa área. Apesar dessas últimas não aparecerem em quantidade substancial, consideramos que as investigações têm elevada pertinência pois elas servem, em nossa visão, como prerrogativas.

Por fim, esta pesquisa teve o intuito de mostrar que a epistemologia prigoginiana é construída sob a necessidade da religação entre o ser humano e a natureza, entre o ser humano e a ciência. Compreendemos essas alianças como sendo urgentes para a consolidação da nossa área. Consideramos, dessa forma, que a pesquisa é relevante para nossa área, pois contribui para o estabelecimento e para a divulgação de um *novo referencial* teórico para o contexto da Educação em Ciências.

A fim de possibilitar novas perspectivas de pesquisa ou mesmo revisitar problemáticas já discutidas no Campo de Ensino de Ciências, consideramos indispensável a construção de mais trabalhos que compreendam o pensamento-Prigogine e o aplique nas mais diferentes linhas de pesquisa da Educação em Ciências.

## REFERÊNCIAS

Araujo, M. S. (2009). *Sonhos no devir das redes do Centro de Educação Ambiental, Ciências e Matemática* (Biblioteca Setorial Sala Verde “Judith Cortesão”) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande.

Araújo, V. H. (2009). *Protexito, narrativa poética da ciência: Uma estratégia de construção do conhecimento e religião de saberes no ensino da física*. (Biblioteca Central Zila Mamede (UFRN)) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Bezerra, L. T. P. (2013). *Anagramas do corpo, processos de repetição e representação da condição humana: Um diálogo entre Hans Bellmer e Pina Bausch* (Biblioteca Central Zila Mamede (UFRN)) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Bricmont, J. (1995). Science of chaos or chaos in science? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 775(1), 131–175. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1996.tb23135.x>

Brumatti, J. D. (2015). Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação. *A contribuição da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações na disseminação do conhecimento nas áreas de Humanas e Sociais*, 11(1), 66–77.

- Canastro, D. S. de M. (2010). *Educação, imagem e comunicação multimídia—Comunicação e conhecimento tácito* (Biblioteca PUC/SP) [Dissertação de Mestrado]. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Capra, F. (2010). *A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. Cultrix.
- Carvalho, R. F. (2012). *Temporalidade e Historicidade em Ilya Prigogine* [Universidade Federal de Goiás - Faculdade de História - Programa de Pós-graduação em História]. [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/113/o/rodrigo\\_fran%3%87a\\_carvalho.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/113/o/rodrigo_fran%3%87a_carvalho.pdf)
- Chicolami, O. C. V. (2004). *O Paradigma Emergente e suas implicações pedagógicas* (Biblioteca Aluísio de Almeida) [Dissertação de Mestrado]. Universidade de Sorocaba.
- Earley, J. E. (2006). Some philosophical influences on Ilya Prigogine's statistical mechanics. *Foundations of Chemistry*, 8(3), 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10698-006-9007-9>
- Earley, J. E. (2012). Ilya Prigogine (1917-2003). Em A. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham (Orgs.), *Philosophy of chemistry* (First edition, p. 165–175). Elsevier/NH, North Holland is an imprint of elsevier.
- Ferreira, J. G. (2002). *Campos de significação e conhecimento em dispositivos digitais: Análise das interações discursivas em listas de discussões* (Faculdade de Educação) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Freire, V. P. (2011). *Possibilidades, contextos e limites na construção de um modelo de EAD numa perspectiva sistêmica* (Biblioteca da UNIT) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Tiradentes.
- Gilstrap, D. L. (2007). Dissipative structures in educational change: Prigogine and the academy. *International Journal of Leadership in Education*, 10(1), 49–69. <https://doi.org/10.1080/13603120600933758>
- Ibáñez, E. (2003). Historicidad e irreversibilidad en la concepción prigoginiana y agustiniana del tiempo. *Tópicos. Revista de Filosofía de Santa Fe*, 11, 107–124. <https://doi.org/10.14409/topicos.v0i11.7442>
- Klammer, C. R. (2012). *Formação continuada para a prática docente no paradigma da complexidade com uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação* (Biblioteca Central da PUCPR) [Tese de Doutorado]. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- Kondepudi, D., Petrosky, T., & Pojman, J. A. (2017). Dissipative structures and irreversibility in nature: Celebrating 100th birth anniversary of Ilya Prigogine (1917–2003). *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 27(10), 104501. <https://doi.org/10.1063/1.5008858>
- Machado, M. W. M. (2015). *Olhares dos professores de licenciatura em física: Caminhos para uma prática pedagógica apoiada no Paradigma da Complexidade* (Biblioteca Central da PUCPR) [Dissertação de Mestrado]. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- Martins, M. A. R. (2009). *Projeto Civitas: (Multi)(pli)cidades e as interveRsões do tempo nas práticas pedagógicas do Ensino Fundamental* (Biblioteca Setorial de Educação) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Marton, S. L. (2005). *Música, filosofia, formação: Por uma escuta sensível do mundo*. (Biblioteca Setorial do CCSA) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Marton, S. L. (2008). *Paisagens sonoras, tempos e autoformação* (Biblioteca Central Zila Mamede (UFRN)) [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Maruani, J. (2004). Obituary: Ilya Prigogine (1917-2003): Obituary. *International Journal of Quantum Chemistry*, 99(4), 183–184. <https://doi.org/10.1002/qua.20059>
- Massoni, N. T. (2008). Revista Brasileira de Ensino de Física. *Ilya Prigogine: uma contribuição à filosofia da ciência*, 30(2), 2308-1-2308–8.
- Maturana, H. R., & Garcia, F. J. V. (1997). *De máquinas e seres vivos: Autopoiese—A organização do vivo*. Artes Medicas.
- Millar, D., Millar, I., Millar, J., & Millar, M. (2002). *The Cambridge Dictionary of Scientists*. Cambridge University Press. <http://www.credoreference.com/book/dicscientist>
- Moraes, R., & Galiazzi, M. do C. (2007). *Análise textual: Discursiva*. Editora Unijuí.

- Morin, E. (1990). *Introdução ao pensamento complexo: Vol. 2. ed.* Instituto Piaget.
- Nardi, R., & Almeida, M. J. P. M. (2011). Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências. *Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil*, 4(1), 90–100.
- Nicolescu, B., & Souza, L. P. de. (2005). *O manifesto da transdisciplinaridade*. TRIOM.
- Novaes, M. (2010). Revista Brasileira de Ensino de Física. *Ilya Prigogine: uma visão crítica*, 32(1), 1306-1-1306–4.
- Paludo, C. A. (2001). *A prática pedagógica docente no Curso de Ciências Contábeis da UNOESC - Xanxerê* (Biblioteca Universitária e Arquivo do PPGE) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Porush, D. (1991). Science Fiction Studies. *Prigogine, Chaos, and Contemporary Science Fiction*, 18(3), 367–386.
- Prigogine, I. (2000). *The chaotic universe* (V. G. Gurzadjan, Network Workshop, & International Centre for Relativistic Astrophysics, Orgs.). World Scientific. [http://www.icra.it/ICRA\\_Networkshops/INW02\\_Chaos/](http://www.icra.it/ICRA_Networkshops/INW02_Chaos/)
- Prigogine, I. (2009). *Ciência, Razão e Paixão / Ilya Prigogine* (E. A. Carvalho & M. C. Almeida, Orgs.; 2º ed). Livraria da Física.
- Prigogine, I. (2011). *O fim das certezas: Tempo, caos e as leis da natureza* (2º ed). Editora Unesp.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. Bantam Books.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1991). *A Nova aliança: A metamorfose da ciência*. Universidade de Brasília.
- Ramos, C. R., & Silva, J. A. (2014). Investigações em Ensino de Ciências. *A emergência da área de Ensino de Ciências e Matemática da Capes enquanto comunidade científica: um estudo documental*, 19(2), 363–380.
- Reis, M. K. S. (2014). *Uma Ode ao Livro: A educação, o bibliotecário, uma formação para a vida*. (Biblioteca Central Zila Mamede) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Rupolo, N. S. (2000). *O conhecimento, o ensinar e o aprender: Entre o mundo dado e o mundo construído* (Biblioteca Universitária e Arquivo do PPGE) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Severo, T. E. A. (2013). *Formação do Biólogo e compreensão de natureza*. (Biblioteca Central Zila Mamede (UFRN)) [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Sousa, R. S., & Galiuzzi, M. C. (2018). O jogo da compreensão na análise textual discursiva em pesquisas na educação em ciências: Revisitando quebra-cabeças e mosaicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(3), 799–814. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180030016>
- Sousa, R. S., & Galiuzzi, M. C. (2017). A categoria na análise textual discursiva: Sobre método e sistema em direção à abertura interpretativa. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 5(9), 514–538.
- Villani, A., Dias, V. S., & Valadares, J. M. (2010). The Development of Science Education Research in Brazil and Contributions from the History and Philosophy of Science. *International Journal of Science Education*, 32(7), 907–937. <https://doi.org/10.1080/09500690902855711>

## NOTAS

1 A flecha do tempo é um termo cunhado pelo astrofísico britânico Arthur Eddington (1882-1944) e que representa a unidirecionalidade temporal. Deste modo, a ciência newtoniana concebe os processos dinâmicos como reversíveis e suas equações resultam em movimentos plausíveis, independentes (ou independentemente) da inversão do tempo (Massoni, 2008). Indo em direção oposta, para Prigogine, é evidente que todas as entidades, vivas ou não, carregam em si a marca da flecha do tempo (Porush, 1991). Sem a flecha do tempo, não haveria mais um momento privilegiado conhecido como presente, que segue de um passado determinado e precede a um futuro indeterminado.

2 Indo em direção oposta e sendo provavelmente o principal nome nos estudos dos sistemas longe do equilíbrio, Prigogine acredita que os processos irreversíveis é que devem ter destaque no mundo científico, pois estes estão presentes na maioria quase absoluta dos fenômenos naturais. Com isso, Prigogine se nega a aceitar que a irreversibilidade esteja ligada

à simples escolha das variáveis usadas na descrição dos sistemas ou à ignorância humana. O pensamento-Prigogine sustenta que a fonte da irreversibilidade é a própria dinâmica das interações envolvidas em processos específicos (Earley, 2012).

**3** Prigogine desenvolveu um modelo matemático para os sistemas de não equilíbrio e foi capaz de mostrar, em termos gerais, como eles são criados e sustentados (Millar et al., 2002) illustrated biographical dictionary has been thoroughly revised and updated, covering over 1,500 key scientists (157 more than in the previous edition. Prigogine nomeou seu modelo de estruturas dissipativas que se tratava de sistemas (físicos ou químicos) que, quando longe do equilíbrio, conseguem se auto-organizar em um nível mais alto de complexidade e, dessa forma, desenvolver ordem a partir do caos - sair de uma bifurcação de caos aparente para a ordem (Porush, 1991).

Esses sistemas foram nomeados estruturas dissipativas por Prigogine porque eliminam (dissipam) os produtos de suas instabilidades para conseguir sobreviver às trocas de energia com o universo entrópico (Porush, 1991). Enquanto para a termodinâmica clássica, a dissipação de energia está associada ao desperdício, as estruturas dissipativas introduzem uma mudança radical ao postular que, em sistemas abertos, a dissipação converte-se em fonte de ordem (Capra, 2010).

**4** Bifurcação é outro conceito frequentemente utilizado por Prigogine e se refere ao ponto crítico por meio do qual um novo estado se torna possível na natureza (Prigogine & Stengers, 1991, p. 122). Ibáñez (2003) explica que “os pontos de bifurcação são zonas altamente instáveis, muito sensíveis a qualquer mínima alteração ou modificação de seu ambiente”. Diante de uma bifurcação, o sistema possui várias possibilidades e escolhe uma delas. Caso o experimento seja repetido, ele poderá escolher outro caminho. A escolha deste caminho está associada à probabilidade. Em outras palavras, e como Prigogine gosta de ressaltar, o futuro não é dado (Prigogine, 2000).

**5** Num estado próximo do equilíbrio, as flutuações agitam-se e o ambiente adquire um estado homogêneo. Massoni (2008) alega que as flutuações e as instabilidades - conceitos inacessíveis à descrição determinística - desempenham um papel primordial no que tange às estruturas dissipativas. Sendo justamente as flutuações e as instabilidades as maiores influências para a “escolha” do sistema por seu novo modo de ação e evolução.

**6** O segundo princípio da termodinâmica estabelece que a energia disponível no universo executa um movimento que vai da ordem perfeita à desordem absoluta, na qual se esgotará completamente (Carvalho, 2012).

**7** O senso comum associa o caos à anarquia e à imprevisibilidade; mas não é assim que Prigogine o compreende. Antes atrelado apenas ao aumento da desordem, agora o caos aqui é interpretado como fonte de ordem. Ou seja, os sistemas dinâmicos instáveis caóticos não são sinônimos de desordem, pois possibilitam, na instabilidade, a ocorrência de novos eventos que geram organização (Carvalho, 2012). Dessa forma, sendo possível a existência da ordem e desordem no caos, este, surpreendentemente para a ciência clássica, apresenta um papel construtivo e indispensável (Capra, 2010; Massoni, 2008). Ou seja, o caos (ou processos irreversíveis) não é mais um mero acaso!

**8** A entropia é, por si mesma, irreversível: move as coisas em uma única direção. Uma vez na estrada entrópica, você não pode voltar para casa (Porush, 1991). Uma vez que sistemas reversíveis apresentam variação de entropia nula e os sistemas irreversíveis produzem entropia, Prigogine acredita que o aumento da entropia indica a direção do futuro (Massoni, 2008). Assumindo que a entropia continua aumentando à medida que os processos avançam e que a energia dissipada nunca pode ser recuperada, Prigogine acredita que esse sentido em direção a uma entropia sempre crescente é o que a fundamenta, caracteriza e possibilita a flecha do tempo (Capra, 2010).

**9** Prigogine (1991) propõe uma nova relação entre o ser humano e a natureza, que ele intitulava de *Nova Aliança*. Nessa *Nova Aliança* o homem é chamado a fazer um tratado de respeito mútuo que com a natureza. Com a proposta de *A Nova Aliança*, Prigogine coloca em questão a pertinência ética da ciência e discute a inviabilização de segregação entre ciências humanas, ciências da vida e ciências da natureza. Dessa forma, as ideias prigoginianas, ao visarem para a consolidação da *Nova Aliança* - responsável pelo entrelaçamento entre cultura científica e cultura humanística - também abarcaram aspectos éticos do trabalho científico.

### **Thiago Weslei de Almeida Sousa**

Mestre e Doutorando, Técnico em Assuntos Educacionais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: tsqi@msn.com

**Wellington Pereira de Queirós**

Doutor, Docente, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

E-mail: wellington\_fis@yahoo.com.br

**Dario Xavier Pires**

Doutor, Docente, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

E-mail: dario.pires@ufms.br

**Contato:**

**Thiago Weslei de Almeida Sousa**

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Avenida Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário

Campo Grande - MS | Brasil

CEP 79.070-900

**Editor responsável:**

Vanessa Cappelle

**Contato:**

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG

Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais

revistaepc@gmail.com

**O CECIMIG agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para editoração deste artigo.**