

As ideias de pesquisadores, professores e graduandos sobre aspectos da complexidade

Rodrigo Marques Ávila¹, Fabricio Masaharu Oiwa da Costa¹,
Fernanda da Rocha Carvalho¹, Thiago Cavalcanti Ribeiro¹, Larissa
Buratto¹, Leonardo Strajaneli¹, João Rodrigo Santos da Silva² e
Giselle Watanabe²

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática da UFABC, SP, Brasil. ²Centro de Ciências Naturais e Humanas, UFABC, SP, Brasil. E-mails: rodrigo.avila3@gmail.com; fabmas10@gmail.com; carvalho.fernanda@ufabc.edu.br; thifisica@hotmail.com; lariburatto@gmail.com; leonardo.strajaneli87@aluno.ufabc.edu.br; joao.rodrigo@ufabc.edu.br; giselle.watanabe@ufabc.edu.br

Resumo: Este artigo identifica nos discursos de alunos de graduação, professores e pesquisadores, das distintas áreas do conhecimento, as ideias que apresentam acerca do termo complexidade. Para além dessa identificação, procura-se situar tais falas a partir das ideias de alguns autores que abordam a temática, especialmente sob o olhar do ensino e da educação. As respostas foram analisadas e categorizadas utilizando a Análise Textual Discursiva e a ocorrência de palavras apresentadas em um modelo de nuvem - *software Iramuteq*. Dos resultados, notam-se que a interpretação sobre complexidade se situa, em grande parte, em conceitos condizentes com o paradigma simplificador, em que ganha espaço a ideia do complexo como sinônimo de dificuldade. Ainda foi possível identificar que os discursos se aproximam das percepções compartilhadas nas áreas de formação, ou seja, os indivíduos de determinada área do conhecimento apoiam-se em argumentos muito próximos dos de seus parceiros intelectuais. Esses apontamentos podem indicar espaços para propor uma educação escolar mais complexa, na qual os sujeitos possam tomar decisões conscientes ainda que permeados pelos riscos que a vida nos impõe.

Palavras-chave: complexidade, ensino de ciências, ideias, currículo.

Title: The ideas of researchers, teachers and graduands on complexity

Abstract: This paper identifies in the discourses of undergraduate students, teachers and researchers of distinct areas of knowledge, the ideas which they present about the term complexity. Beyond its identification, it is sought to situate these statements from the ideas of authors who address the topic, especially in the teaching and the education view. The answers were analyzed and categorized using Discursive Textual Analysis and the occurrence of presented words in a cloud model - *Iramuteq* software. From the results, it is noticed that interpretation about complexity lies, in a large extent, on compatible concepts with simplifying paradigm, where the complex as synonymous as complicated. It was still possible to identify that

the discourses approach the shared perceptions in the field of formation, which means the individuals of an area of knowledge rely on arguments close to their intellectual colleagues. These indexes may indicate spaces to propose a more complex schooling, in which subjects can make conscious decisions even if among the risks that life imposes.

Keywords: complexity, science teaching, ideas, curriculum.

Introdução

O currículo de ciências no Brasil vem sofrendo transformações que refletem na busca pela aproximação de discursos que se articulem à realidade discente em suas dimensões sociais, políticas e culturais. Há, nesse sentido, a necessidade de um olhar atento acerca do processo ensino-aprendizagem proposto nas escolas, sendo fundamental, considerar uma formação mais crítica capaz de lidar com as situações de risco (Beck, 2010). Para muitos autores da área da educação, o currículo deve ser aberto, dialógico e dialético. Nesse sentido, Santos (2008) traz uma reflexão acerca dos possíveis caminhos para superar a fragmentação do conhecimento, articulando circunstâncias capazes de oferecer aos discentes um universo mais real e complexo. Para o autor, o sistema educacional vigente, sustentado em concepções tradicionais, que têm direcionado a prática docente a uma postura que mais afasta o entendimento expressivo dos conceitos do que as possibilita. Nessa mesma perspectiva, Macedo (2002) relata que o currículo deveria referenciar a emergência histórica multifacetada do homem, trazendo para a formação o destino individual, social e histórico de modo que tudo isto esteja entrelaçado e/ou inseparável.

Essas percepções de currículo se aproximam de um pensamento pautado pela perspectiva da complexidade. Algumas produções indicam essa aproximação ao abordar a formação docente continuada apontando para a necessidade de capacitar o discente a "(...) lidar com problemas da contemporaneidade", ou seja, encarando-os em seu universo de forma real e complexa e, evitando assim reduzi-los (Watanabe-Caramello, Zanotello e Pires, 2014, p. 51). Ao apresentar ações na escola como a construção de hortas escolares, visando discutir conceitos como alimentação e saúde a partir de uma prática pedagógica que permite identificar valores subjacentes à agricultura, como a dimensão humana da produção agrícola (Silva, Fonseca, Dysarz e Reis, 2015). Ao apontar para a necessidade de buscar uma "educação escolar compatível com as transformações e riscos presentes na sociedade" (Strieder, Watanabe, Silva e Watanabe, 2016, p. 57). Ao analisar as proposições filosóficas que podem contribuir para um ensino de ciências que vá além da linearidade, mais progressista, em oposição ao positivismo (Leite, 2012). Ao tratarem do conceito complexidade em um processo de aprendizagem que enfatiza as articulações das relações entre as partes, em oposição ao paradigma cartesiano, em que há fragmentação dos conteúdos (Aquino, 2016) (Macêdo, Cardoso, Jofili e Carneiro-Leão, 2012).

Do nosso ponto de vista, a demanda por um currículo mais complexo perpassa considerar o universo das concepções acerca da perspectiva da complexidade, incluindo pesquisadores das áreas das ciências humanas e exatas. Ou seja, para delinear uma visão mais clara sobre o conceito e as ações que podem promover uma visão para a complexidade, parece-nos essencial ter aporte em autores que vem tratando o assunto em suas pesquisas. A partir disso, as ideias que visam promover uma mudança de visão de mundo pautada pela complexidade, para esse artigo, referem-se as de autores como Prigogine e Stengers (1984), Morin, 2007, García (2004), Fieldler-Ferrara (2010) e Leff (2009). Esses autores serão discutidos adiante, como referenciais teóricos.

Diante dessas considerações, esse artigo propõe investigar o termo complexidade nas falas de docentes, pesquisadores e alunos de graduação, interpretadas a partir de alguns referenciais teóricos que abordam o assunto. A intenção com isso é encontrar as aproximações e distanciamentos que existem nos discursos dos indivíduos envolvidos com o ensino e educação para pensar futuras ações na formação em Ensino de Ciências, que levem à um pensamento mais crítico e complexo, capaz de considerar os riscos que a vida demanda.

Como forma de organização do artigo, primeiramente discutem-se os referenciais teóricos da complexidade que dão aportes para interpretar as ideias dos participantes e, em seguida, apresentam-se as ideias dos docentes, pesquisadores e alunos de graduação devidamente categorizadas.

A perspectiva da complexidade: alguns referenciais teóricos

Ao tratar da perspectiva da complexidade é fundamental identificar aspectos que a caracteriza. Uma primeira aproximação ao assunto requer ter clareza sobre as três perspectivas científicas que nos orientam, a saber: (i) perspectiva das determinações, que corresponde à abordagem da Física Clássica; (ii) perspectiva das indeterminações, relacionada às abordagens da Física Quântica; e (iii) perspectiva da complexidade, voltada à Física do não equilíbrio, ao sistemas complexos e dinâmicos, que se desenvolve na segunda metade do século XX (Cini, 1994) (Kawamura, 2010a; 2010b) (Watanabe-Caramello, 2012)

Em relação a estas perspectivas, destaca-se que na *perspectiva das determinações*, ou da simplificação/ reducionismo/ determinismo, as escolhas delimitadas e a ênfase ao mecanicismo são aspectos que influenciam na resolução precisa de um problema. Em outras palavras, a resposta única e verdadeira dada ao problema só é possível devido à interferência no objeto a ser estudado. Essa interferência, por sua vez, implica na demarcação e isolamento do objeto de seu meio, que, apoiando-se na premissa de previsibilidade - que indica a possibilidade de prever a mudança do sistema baseando-se nas condições iniciais. Assim, nesse contexto, busca-se reduzir o complexo ao simples, o que nos remete à ideia de superposição e da identificação limitada das partes. Na *perspectiva das indeterminações*, as respostas aos problemas acontecem sem que o objeto analisado seja conhecido efetivamente. Nesse contexto, a ciência deixa de ser 'dedutiva', tornando-se 'construtiva'. Essa perspectiva passa a olhar as

relações que se estabelecem num sistema, procurando trazer soluções para os problemas sem se apoiar em um objeto visível para deduzir parâmetros. Já na *perspectiva da complexidade* as relações se estabelecem no mundo natural, do vivo, baseando-se em situações dinâmicas e sem equilíbrio nas quais se destacam aspectos como o acaso, caos e desordem. Assim, tais aspectos tornam-se objetos da ciência e, portanto, passíveis de ser estudados Watanabe-Caramello, 2012. Segundo esta autora, uma das principais características da linguagem da complexidade é a incorporação em seu discurso da imprevisibilidade, o que conduz às reflexões sobre o fim das certezas. Outro fundamento dessa abordagem é que 'o todo não se reduz à soma das partes', desta forma, a totalidade tem propriedades peculiares que não ficam explícitas na análise isolada das partes de um sistema, e vice-versa (Watanabe-Caramello, 2012).

Tomando os referenciais adotados, uma primeira aproximação ao conceito de complexidade vem da perspectiva de Edgar Morin (2007), sociólogo e filósofo francês. Para ele, a complexidade se edifica em um universo no qual a multiplicidade das suas unidades constituintes não consegue mais ser esclarecida por um pensamento simplificador que reduz o conhecimento a uma realidade linear e simplificadora. Segundo o autor, tal reducionismo foi construído historicamente pela ciência que vislumbrava na simplificação dos fatores e na eliminação das variáveis e contradições, como a chave para o entendimento dos fenômenos estudados no "*paradigma simplificador*" (Morin, 2007, p.11). Como consequência da especialização, mutila-se o saber e o tecido complexo das realidades, de modo que tal disjunção nos conduza a uma plena aceitação do real como uma verdade fragmentada e absoluta, comprometendo o pensamento crítico social. Segundo Morin (2007), na simplificação dos saberes, unidade e pluralidade não partilham a mesma compreensão. É justamente no pensamento complexo, proposto pelo autor, que a articulação entre uno e múltiplo se concretiza.

Morin (2007) propõe o conceito de *pensamento complexo* que abrange as relações e interferências que as unidades integrantes, de um sistema de ideias, manifestam. Esse pensamento pressupõe o acaso, a incerteza e incompletude como instrumentos também orientadores. Isso leva a complexidade para o centro do *princípio hologramático*, a saber: a compreensão das partes não traduz o conhecimento do todo, ao mesmo tempo em que o entendimento do todo não pode ser resumido à investigação isolada das suas partes. Morin (2007) se vale de outros dois conceitos para se discutir complexidade: a dialogicidade e a recursão organizacional. No primeiro, considera que as noções incompatíveis também se revelam complementares, preservando uma multiplicidade coerente com a sua unidade. No segundo, salienta que a compreensão determinística dos eventos tem sua linearidade suspensa em detrimento da auto-organização dos sistemas, nos quais as respostas são recursivas sobre seus efeitos geradores. Portanto, ele concebe a complexidade no centro da ordem e da desordem dos conjuntos, afastando-se do senso comum que lhe assemelha à ideia de complicação.

Para Nelson Fiedler-Ferrara (2010), físico brasileiro, a complexidade também se instaura para além de uma mera complicação. Ele considera que o pensar complexo envolve uma série de fatores que interagem entre si, cujo objetivo é a busca por uma melhor representação do real. Neste sentido, os fenômenos ou sistemas complexos não podem ser reduzidos, isto é, divididos em componentes cada vez mais simples e, ainda assim, poderem ser totalmente explicados. Para o autor, sustentar a complexidade dos fenômenos não significa que absolutamente nada seja previsível. Para ele,

[...] não se trata também de abandonar o reducionismo ou a causalidade estrita, mas de utilizá-los quando isso não macular a compreensão do objeto ou sistema estudado, compondo-o com seus aspectos complexos, quando presentes (Fiedler-Ferrara, 2010, p. 10).

O problema da redução está na separação do ente estudado em níveis distintos, desconsiderando por completo a interação entre as partes. Sabe-se que sistemas estruturalmente idênticos, quando em condições adversas, podem se comportar de maneira também particular, o que leva a questionamentos acerca da previsibilidade científica embasada no pensamento reducionista. Diante disso, categorias como a complexidade, a desordem e a caoticidade, inerentes aos sistemas estudados, passam a ser fundamentais para análises dessa natureza.

Eric Schneider e James Kay (1997), o primeiro com formação na área da Biologia e o segundo na área de engenharia de sistemas, discutem a complexidade do ponto de vista da ordem e da desordem, tomando a vida como exemplo. Os autores ressaltam que até meados do século XIX tinha-se claro, a partir dos trabalhos desenvolvidos por Boltzmann (1886, *apud* Schneider e Kay, 1997), que a natureza caminhava para uma degeneração crescente e inevitável no que tange a desordem aleatória, em acordo com a 2ª Lei da Termodinâmica. Os autores destacam que alguns desses sistemas coerentes parecem se opor a tal princípio, nos sistemas inanimados é possível observar tal efeito, como as células de Bénard que explicitam a formação de estruturas com alto grau de ordem. Esclarecem que "(...) quando o fluxo de calor alcança um valor crítico, o sistema torna-se instável e a ação molecular do líquido passa a ser coerente; surge a rotação convectiva (Schneider e Kay, 1997, p. 191). Neste caso, percebe-se que há o processo de auto-organização em um sistema caótico, representado por um sistema instável, havendo um processo físico de convecção que estabiliza esse sistema.

No contexto da vida, a eterna controvérsia pautada entre a tendência dos sistemas à desordem e a ordenação dos sistemas orgânicos encontra na Termodinâmica do não equilíbrio, segundo Schrödinger (1944), seu elo de aproximação. O ambiente no qual o organismo se encontra impõe sobre ele um gradiente energético que tende a desestabilizá-lo em direção ao desarranjo da sua estrutura. Entretanto, o sistema biológico reluta a essa oscilação a partir do surgimento de estruturas dissipativas capazes de direcionar esse fluxo de energia e matéria para o restabelecimento da sua organização, o que vem promover a complexificação dos seus componentes

atrelada ao seu crescimento. O mecanismo, ao mesmo tempo em que o distancia do desequilíbrio, também desencadeia uma desordem ainda maior no meio que o circunda, tendo na transpiração das espécies a estratégia final de degradação de tal gradiente. Schneider e Kay (1994) vinculam a complexidade dos ecossistemas à eficácia que lhe é atribuída na degeneração dos gradientes, articulando a discussão à capacidade do sistema em se auto organizar. Nesse sentido, a vida é condicionada a dois mecanismos complementares e não excludentes: a ordem a partir da ordem, instituída nos genes e transmitida ao longo das gerações; e a ordem a partir da desordem, como na germinação de uma semente que se vale da entropia global do seu ambiente para restabelecer a ordenação interna.

Ilya Prigogine e Isabelle Stengers (1984), cuja formação é, respectivamente, na área de físico-químico e de filosofia, ressaltam que o choque entre a Mecânica (determinista) e a Termodinâmica (estatística) poderia render bons frutos, desde que não se optasse por abandonar pura e simplesmente certos aspectos de cada teoria. Para eles, a física newtoniana estabeleceu um alicerce para interpretar com grande precisão o mundo ao nosso redor e também o movimento dos astros. A palavra "precisão" define bem o que o projeto da física clássica buscava ser, "(...) universal, determinista, fechado, tanto mais objetivo quanto não contivesse qualquer referência ao observador, tanto mais perfeita quanto atingisse um nível fundamental, escapando à erosão do tempo" (Prigogine e Stengers, 1984, p. 163). Ocorre que essa visão de mundo entra em colapso ao se observar no céu diversos objetos estranhos que traziam em si certa instabilidade (como pulsares, quasares, buracos negros etc.), todos desafiando a regularidade requerida pela Física Clássica.

Segundo Prigogine e Stengers (1984), Boltzmann foi o primeiro a notar que o crescimento da entropia poderia estar relacionado com crescimento da desordem molecular e conseqüentemente ao gradativo esquecimento da dissemetria inicial. Essa desordem inicial e a tendência do sistema em avançar para o estado de maior desordem é analisado a partir da mecânica estatística como fez o próprio Boltzmann. Para ele, a entropia caracteriza cada estado macroscópico a partir do número de microestados (W), em que $S = k \ln W$, sendo k a constante de Boltzmann. Quanto O estado de equilíbrio torna-se assim, um verdadeiro atrativo para a evolução do sistema, no qual os processos irreversíveis são aqueles em que o estado final possui maior atrativo que o estado inicial e o processo reversível se verifica apenas quando os estados inicial e final possuem o mesmo atrativo, o que permite aos sistemas passar em ambos os sentidos. A Termodinâmica, então, incorpora uma visão probabilística que propõe que os sistemas em equilíbrio ou próximo a ele tendem a uma desordem intrínseca, a qual chamamos de entropia, assim, sistemas termicamente em equilíbrio tendem à máxima desordem. Prigogine e Stengers (1984) afirmam que essa interpretação não é capaz de explicar sistemas longe do equilíbrio em que surgem estruturas dissipativas que permitem alguma ordem em meio a um universo de desordem. É a Física do não equilíbrio que permite entender a vida, por exemplo, que se coloca como forma organizada, que estabelece a ordem em meio a desordem.

Outro aspecto trazido por esses autores, que se aproxima às ideias de Morin (2007), em especial por terem trabalhado conjuntamente neste tema, refere-se à busca pela conexão com outras formas do saber, dentre elas as ciências humanas a despeito de que "*alguns quiseram estabelecer a singularidade das ciências humanas, quer para as elevar, quer para rebaixar*" (Prigogine e Stengers, 1984, p. 215). A transposição, sem o total abandono, do determinismo da mecânica para o probabilismo da termodinâmica permitiu às ciências se desprenderem das certezas absolutas sem ignorar as leis fundamentais e deste modo "*reduzir a distinção entre as ciências exatas, com sua alegação de certezas, e as ciências humanas, com seus limites para a previsibilidade*" (Prigogine, 2009, p.70).

O biólogo espanhol José Eduardo Díaz García (2004) ao tratar da complexidade, além de referenciar Morin, busca por uma mudança de visão de mundo e ações pautadas na *complexificação* do conhecimento escolar (complexidade com foco em ensino-aprendizagem). Para o autor, tal conhecimento se constrói a partir da transição dos conhecimentos cotidiano e científico, sendo esses diferentes no processo de formulação. A forma de agir e lidar com o ambiente em transformação deve promover a mudança de um pensamento simples para outro mais complexo. Considera o rompimento de uma visão de mundo estático e simplificador, para uma nova visão dinâmica e articulada com outras esferas do conhecimento como, por exemplo, as questões sociais, políticas, econômica, culturais. Considera a educação ambiental e a ecologia como espaços de conhecimento que podem trazer elementos fundamentais na construção de uma outra sociedade, mais complexa e que desenvolva a responsabilidade e conscientização das questões socioambientais em sua forma global e local.

Para García (1998) existe a possibilidade de passar de uma para outra forma de conhecimento, promovendo a transição dos conhecimentos cotidiano e científico para conhecimento escolar. Para o autor as ideias prévias dos indivíduos (conhecimento cotidiano) sofrem modificações ao ter contato com o conhecimento escolar tornando-se mais complexo, pois incorpora elementos de outras esferas (conhecimento científico). Para isso, o conhecimento escolar tem que ser dinâmico ao sistema, ou seja, interagir entre si e com outras esferas do conhecimento gerando diferentes níveis de formulação, do ponto de vista complexo, as hipóteses de progressão identificam as interações ou reorganizações desses níveis ao longo do processo de aprendizagem.

O sociólogo e economista Enrique Leff (2009) discute a complexidade ao tratar da questão socioambiental, ao evidenciar um mundo imerso em uma crise, tanto material quanto de conhecimento. Para o autor, a questão socioambiental não é apenas uma crise da natureza e do ser-humano, mas um sistema sociocultural e natural em que o homem está incluído, limitando o crescimento econômico e de sustentação da vida. O autor sugere analisar as relações e projeções a partir de uma mudança de atitude e pensamento, para que "*(...) emergja uma reconexão do ser e do pensar para apreender a complexidade ambiental*" (Leff, 2009, p. 417). Nessa lógica, a sustentabilidade é a marca da crise, pois interroga as origens e projeções dos eventos no cenário atual, implicando interrogações sobre a efetividade

de ações e o que poderia ser feito para reverter o quadro, mesmo se baseando na lógica racional que busca reduzir os eventos. Outro ponto a ser considerado pelo autor, refere-se à forma como o ser humano se vê diante do mundo. Por muito tempo ele tem estado à margem do seu não-conhecimento, o que afetou drasticamente a resposta da natureza, por exemplo, às transposições de rios, desmatamentos e outros eventos que desencadeiam consequências culturais, sociais ou naturais local e/ou globalmente. O autor defende é preciso tomar consciência do real, reconhecendo-se dentro de um sistema que funciona mesmo sem a presença do homem, o que também leva a discussão sobre existência ou não da natureza sem o homem, mostrando que a visão ocidental acaba por não abarcar todas as possibilidades. Essa perspectiva indica o posicionamento necessário ao enfrentamento dessa crise do pensamento. Para Leff (2009) é necessário visualizar os fenômenos de maneira interligada, e não apenas em sua totalidade ou então isolados. A complexificação, portanto, atuaria em cada processo como forma de reverter a filosofia atual de redução da verdade a poucos fatos, normalmente pouco relacionados a uma realidade com muitas variáveis.

Algumas ideias defendidas pelos autores supracitados estão organizadas no Anexo 1. A primeira coluna traz a lista os referenciais; a segunda coluna, alguns elementos da perspectiva da complexidade; e a terceira coluna, algumas ideias para a formação escolar.

Especialmente ao que se refere à formação escolar, no Quadro 1, há algumas ideias que podem indicar aspectos de uma educação mais próxima da perspectiva da complexidade. Nesse sentido, as análises que seguem, acerca das falas dos participantes da pesquisa, propõem identificar aproximações e distanciamentos das concepções apresentadas.

Estratégias metodológicas

A presente pesquisa, de cunho qualitativo e exploratório com foco no conceito de complexidade, organiza-se em dois momentos, a saber: (1) identificação de aspectos da complexidade nos referenciais teóricos para aporte das análises das ideias dos participantes; e (2) levantamento das ideias de graduandos, professores e pesquisadores acerca da complexidade. A questão orientadora para coleta de dados refere-se à: "O que é complexidade?" Essa questão orientou os estudos dos referenciais teóricos e publicações, além de ter sido aplicada para 68 participantes.

Para (1), foram estudados os referenciais teóricos considerando as três grandes áreas: Ciências Naturais, Matemática e Ciências Humanas. A partir disso, identificaram-se alguns elementos da perspectiva da complexidade (Quadro 1). A opção pelas grandes áreas teve a intenção de identificar as diferentes visões acerca do termo complexidade.

Para (2), a seleção dos entrevistados ocorreu de acordo com as áreas indicadas em (1), ou seja, buscou-se sujeitos que tivessem algum interesse nas áreas das Ciências Naturais, Matemática e Ciências Humanas. Também foi considerada a sua relação com o processo de ensino-aprendizagem, por isso há como participantes professores, estudantes e pesquisadores. A

amostra contou com 27 graduandos de cursos das engenharias e Bacharelado Interdisciplinar; 5 graduandos em Química; 3 licenciados em Matemática; 12 licenciados em áreas de Ciências Humanas; 8 licenciados e bacharéis de Física; e 10 licenciados e bacharéis em Biologia.

A participação foi livre e as respostas foram redigidas pelos participantes a próprio punho, em papel, ou através de mídias digitais. O Quadro 1 caracteriza os participantes da pesquisa, considerando: graduando (G), licenciado (L), bacharel (B). E as subscrições para áreas do conhecimento: cursos diversos da UFABC (d), Química (q), Matemática (m), Ciências Humanas (h), Biologia (b) e Física (f).

Id.	Participantes da pesquisa e suas áreas de conhecimento*
Gd1, Gd2, (...), Gd8	Graduandos da disciplina Educação Ambiental (EA-UFABC). Áreas do conhecimento: Engenharias Ambiental e Urbana, de Gestão, de Energia, e dos Materiais; Bacharelados Interdisciplinar, e em Química; Ciências Biológicas
Lm1, Lm2, Lm3	Licenciados em Matemática ou Ciências com habilitação em Matemática. Áreas do conhecimento: Matemática
Gq1, Gq2, Gq3, Gq4, Gq5	Graduandos que cursam ou pretendem cursar o Bacharelado e/ou Licenciatura (5). Desses, 4 ministram ou ministraram aulas na Escola Preparatória da UFABC. Áreas do conhecimento: Química
Lh1, Lh2, (...), Lh7	Licenciados atuantes nos ensinamentos Fundamental II e Médio nas disciplinas: Sociologia (2), História (3), Geografia (4), Filosofia (2), Inglês (1) e Português (2). Áreas do conhecimento: Ciências Humanas e Linguagens
Lf1, Lf2, (...), Lf5 Bf1, Bf2	Licenciandos atuantes no Ensino Médio (6) e bacharéis atuantes no Ensino Superior (2). Há licenciandos que cursam o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, no polo da UFABC (6). Áreas do conhecimento: Física.
Lb1, (...), Lb3 Bb1, (...), Bb4	Licenciados atuantes no Ensino Fundamental II e/ou Médio (5) e bacharéis (5). Áreas do conhecimento: Biologia.

Quadro 1.- Participantes da pesquisa e suas respectivas identificações. *Nessa coluna, os números em parênteses referem-se à quantidade de pessoas responsáveis pela atividade em destaque.

Os dados foram analisados considerando os pressupostos da Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes e Galiazzi, 2007). Nota-se que tal estratégia tem a intenção de compreender, a partir de um conjunto de textos ou argumentos, os possíveis sentidos e significados do mesmo. Segundo Moraes e Galiazzi (2007), na ATD, primeiramente realiza-se a desconstrução ou desmontagem dos textos que implica reunir elementos

para estabelecer relações. Também chamado de unitarização, esse processo analisa os materiais fragmentando-os para relacionar argumentos e ideias similares aos fenômenos estudados para, em seguida, estabelecer relações entre as unidades de base, ou seja, o processo chamado de categorização, que tem a intenção de organizar os elementos para que possam formar conjuntos de categorias semelhantes.

Como forma de ampliar a análise, os discursos dos sujeitos foram investigados de acordo com cada área de conhecimento, buscando-se identificar termos capazes de representar as suas compreensões acerca do termo complexidade e a frequência com a qual eram citados. Objetivando-se uma análise mais ampla e coerente, as palavras identificadas durante a ATD foram discutidas em grupo e direcionadas à avaliação pelo software *Iramuteq*. O recurso considerou a frequência relativa com a qual os termos apareciam nas falas dos participantes, para elaborar uma nuvem de palavras que destacasse as concepções centrais de complexidade dos sujeitos.

O que pensam os graduandos, professores e pesquisadores sobre o termo complexidade

Ao responder o questionamento "O que é complexidade?", os sujeitos da pesquisa trouxeram, em seus distintos espaços de atuação e diferentes campos de formação, aspectos relevantes de suas compreensões, apontando ideias articuladas aos seus pares. Refletindo a respeito deste apontamento, optou-se por preservar uma organização que considera as falas a partir dos grupos pesquisados, a saber: graduandos de EA-UFABC; graduandos em Química (licenciatura e bacharelado); licenciados em Matemática; licenciados em Ciências Humanas e Linguagens; licenciados e bacharéis em Biologia; e licenciados e bacharéis em Física. Salienta-se que ao apresentar as respostas, de antemão, serão usados os referenciais teóricos (em especial o Quadro 1) para trazer apontamentos que serão aprofundados adiante.

Graduandos (EA-UFABC)

Os participantes desse grupo representaram um universo heterogêneo tendo-se em vista sua formação e, talvez por isso, trouxeram distintas respostas. A diversidade dos discursos foi identificada nas relações estabelecidas entre as concepções de complexidade e os referenciais teóricos, apontando-se em algumas falas mais significativas as possíveis perspectivas de compreensão.

A ideia de complexidade desse grupo volta-se à dificuldade (Gd1, Gd3 e Gd7). No caso de Gd3, a complexidade foi relacionada ao nível de especificidade, observado na fala: "*Pode estar relacionado a dificuldade de um tema, reflete uma composição densa, muito detalhada*" (Gd3). No mesmo caminho, Gd7 articula o termo a minuciosidade de seus elementos, como destacado no trecho "*Complexidade é algo de difícil compreensão, dado o aprofundamento do assunto ou informações necessárias para o entendimento*" (Gd7). Essa visão corrobora com ao alerta dado por

Fieldler-Ferrara (2010), cujo entendimento do conceito se contrapõe à associação de complicação.

A ideia de multiplicidade também aparece nos discursos de Gd4, Gd5 e Gd6. Gd4 trata a complexidade como uma *"Característica que pode variar em diversos níveis, ela é medida em relação a quantidade de interações, a frequência delas e como elas se dão"*. De forma similar, Gd6 aponta para a pluralidade de posicionamentos que determinada ideia pode demandar, salientando que *"A complexidade pode ser criada a partir da profundidade do debate e experiências pessoais"*. Essa perspectiva, assim como discutido por Fieldler-Ferrara (2010), aponta para a complexidade como uma organização na qual seus elementos mantêm constantes conexões e interações, que além de lhe conferir especificidade, também a aproxima do universo real.

Em uma compreensão que também remete à pluralidade, Gd2 articula o conceito à multiplicidade de inteligências que um fenômeno complexo requisito para um entendimento que o aproxime do universo real, tendo a fragmentação do conhecimento como o fator desfavorável a esse processo. O discurso de Gd2 se aproxima das ideias de Morin (2010) ao conceber complexidade como *"Estado ou ação de uma questão o qual demanda de diversas frentes para aproximação de uma solução mais próxima à verdade real"*.

Em outra perspectiva teórica, Gd8 direciona seu entendimento para a complexidade das questões socioambientais ao destacar em seu discurso *"Complexidade se dá a partir da observação de que tudo no planeta Terra está conectado de alguma forma, tendo consequências que alcançam diversos aspectos (sociedade, meio ambiente) quando algo é alterado"*. A fala de Gd8 possibilita uma aproximação com as reflexões socioambientais estabelecidas por Leff (2009) e García (1998), nas quais apontam uma crise que extrapola a relação firmada entre ser humano e meio ambiente, alcançando âmbitos materiais, culturais e econômicos.

Licenciados em Matemática

Nesse grupo identificam-se aproximações com as concepções de complexidade vinculados ao de complicação. Nessa percepção, para Lm1 *"Complexidade é o grau de elaboração e quantidade de relações (quanto mais relações, maior a complexidade) de um objeto. Por exemplo, um conjunto de axiomas e teoremas torna-se mais complexo à medida que novos teoremas são demonstrados com base nos anteriores"*. Nessa fala é possível perceber a articulação do conceito a um conjunto lógico de elementos inter-relacionados cuja sequência, apesar de complexa, é dedutível dos conjuntos de enunciados previamente estabelecidos, corroborando com a ideia de complicação já alertada por Fieldler-Ferrara (2010), Prigogine e Stenger (1984), Morin (2007), etc. Para esses referenciais, a complexidade não pode ser entendida como uma simples complicação, mas como um sistema de relações e fatores que interagem entre si buscando uma forma mais fiel à realidade.

O Lm2 relaciona a complexidade à variação de perspectivas de estudo e interpretação que um problema complexo exige, apontando para o termo como *"algo que tem vários aspectos, para análise, (...) entendimento, (...) e solução. Depende de muitas variáveis para chegar à resposta final"*. O discurso concilia com a ideia de multiplicidade trazida por Morin (2007), na qual a fragmentação dos saberes dificulta o entendimento do fenômeno complexo.

Lm3 prioriza, em sua fala, não limitar o conceito de complexidade, podendo ser identificada no trecho *"Podemos dizer que complexidade é o conjunto de tudo aquilo que é complexo. Difícil pensar em algo que não faça parte desse conjunto, pois tudo é complexo!"* Isso resultaria em uma compreensão vaga e subjetiva do termo em âmbitos acadêmicos. A percepção vai de encontro à visão de Morin (2007), na qual as unidades complexas organizam-se em um sistema que não pode ser reduzido a uma soma simplória de seus elementos integradores. Essa ideia é compartilhada por autores como García (2004), Leff (2009), Prigogine e Stengers (1984) etc.

Graduandos em Química (licenciatura e bacharelado)

No que tange o primeiro entendimento, o conceito é equiparado, pelos sujeitos de pesquisa Gq1, Gq4 e Gq5, à ideia de dificuldade e especificidade do conhecimento. Gq1 destaca que a *"Complexidade é algo com muitos detalhes, que não é trivial, é difícil"*. No mesmo caminho, Gq4 atribui à relação entre complexidade e complicação à nomenclatura dos compostos na Química e aos números complexos na Matemática, observado no trecho,

Acho que a palavra está relacionada também a um alto grau de dificuldade e especificidade em uma determinada situação específica. É muito possível que a nomenclatura dos compostos químicos complexos e dos números complexos da matemática advenham dessa definição de algo difícil de ser entendido, estudado e analisado (Gq4).

Tais respostas, destacam-se aproximações com as compreensões de Fieldler-Ferrara (2010), Morin (2007), García (2004), Leff (2009), Prigogine e Stengers (1984) etc.

Também se identificou nos discursos a relação estabelecida entre complexidade e multiplicidade dos fatores que compõem os sistemas. Gq2 salienta: *"Acho que complexidade tem a ver com um arranjo de determinados fatores ou de determinadas coisas que influenciam umas nas outras e que juntos geram uma determinada conformação (unidade)"*. Tais elementos ao preservarem as diversas interações existentes, também condicionam seu entendimento a um processo que não pode ser reduzido ao estudo isolado dos seus constituintes.

Quando a resposta considera as múltiplas visões e interpretações como condição necessária para o entendimento de um sistema complexo, Gq5 destaca em seu discurso *"Complexidade é uma área de estudos que visa a resolução de problemas (...) que exigem a cooperação de diversas áreas do conhecimento de forma interdisciplinar"*. Do ponto de vista de Morin (2007), a compreensão dos fenômenos complexos depende de não fragmentar o

conhecimento, o que dialoga com as respostas que mencionam a interdisciplinaridade. García (2004) ainda salienta que para complexificar há de considerar mudança do pensamento simples para o complexo.

Licenciados em Ciências Humanas e Linguagens

É notório que quando questionados ao entendimento particular de complexidade, grande parcela dos professores desse grupo apresentou um olhar mais direcionado às concepções dos referenciais teóricos que conhecem. A análise revelou trechos de Lh3, Lh4, Lh5 e Lh7 que abordam predominantemente complexidade em uma aproximação da perspectiva sistêmica (Morin, 2007), na qual as partes do conhecimento, mutilado pelo método científico e pelo ensino mecanicista, são novamente articulados a um todo maior, conferindo unidade ao mesmo tempo em que se preserva a diversidade dos elementos integrantes. Nela, trechos como de Lh3 "*capacidade de pensar o real como um todo e não de o reduzir, quebrando as barreiras disciplinares*", evidenciam um discurso que alerta para a compreensão do "mundo real" à medida em que se permite caminhar para a superação das "barreiras disciplinares" da visão fragmentada do conhecimento. Lh5 descreve "É aquilo que mostra as diversas facetas de um mesmo fato, não se limitando diretamente ao acessível" vincula a pluralidade do indivíduo, complexo em suas relações e interconexões indissociáveis, à diversidade de concepções de um mesmo fato, apontando, novamente, para a multiplicidade exposta por Morin (2007) e García (2004).

Nota-se a frequência com a qual termos como "compreensão difícil" e "dificuldade" emergem das argumentações de Lh1, Lh2 e Lh6. Por exemplo, Lh2 afirma: "*Contrapõe-se a simplicidade por ser um nome dado a uma tarefa de realização que demanda (...) esforço, físico ou intelectual, maior*". Na mesma tônica, Lh6 articula a discussão de complexidade à ideia de complicação, salientada na fala "*Para mim, complexo é algo que tenho dificuldade em realizar*". Portanto, essas respostas indicam que os docentes concebem, a complexidade a partir do olhar da dificuldade dos processos e fenômenos, tal como alertava Fieldler-Ferrara (2010), Morin (2007), García (2004), Leff (2009), Prigogine e Stengers (1984).

Licenciados e bacharéis em Física

Para Lf1 "*(...) a soma das partes é diferente do problema como um todo, tornando-se assim um problema complexo*", neste trecho é possível perceber a complexidade com o princípio hologramático, defendido por Morin (2007), e que, de certo modo, é a premissa dos grupos que estudam a complexidade.

Em Lf3, identifica-se no discurso "*A complexidade pode nos fazer pensar em coisas muito distintas*", a diversidade para explicar a complexidade. Pode-se vincular essa ideia ao discurso, por exemplo, de Morin (2007) sobre sistemas interagentes, no qual a complexidade pode ser entendida como um tecido em que suas partes são indissociáveis. Contudo, ao final de sua fala, Lf3 acredita que a solução para as questões de complexidade se dá a partir da busca por "*(...) uma linguagem cada vez mais forte e irrefutável*,

nesse caso, a linguagem matemática". Essa interpretação pode se aproximar dos conceitos de Prigogine e Stengers (1997) ao se referir à busca por uma descrição completa da natureza e da pluralidade de concepções de mundo, valendo-se para isso da dedução matemática.

Mais da metade dos professores de Física compreendem a complexidade como algo difícil, que demanda maiores habilidades e competências para o entendimento e resolução de algum problema, como é observável nas respostas de Lf2, Lf4 e parcialmente em Lf5. Lf2 vincula sua percepção aos diferentes níveis que estruturam um conceito, como em "Se refere o nível de dificuldade sobre um assunto que se conhece", igualmente, Lf4 atribui compreensão similar a complexidade no trecho "Complexidade é algo difícil de se entender ou interpretar, algo que demanda alto grau de dedicação para ser concluído". Por fim, Lf5 transita, em sua fala, entre o entendimento que mais se aproxima dos pensadores anteriormente citados e a associação do termo à complicação das ideias, identificados na resposta,

A palavra complexa, remete ao nível de dificuldade inerente a determinado fenômeno, seja ele natural ou social. Um tema complexo normalmente se apresenta de modo que pode ser analisado de diferentes perspectivas. Nesse sentido, nota-se uma certa "confusão" na complexidade (Lf5).

Salienta-se que os primeiros discursos vão ao encontro dos alertas realizados por todos os referenciais teóricos (discutidos no Quadro 1), cujo entendimento de complexidade não pode ser sinônimo de complicação, podendo ser feita a analogia com as máquinas que ao serem complicadas, não necessariamente, são complexas.

Por fim, na fala de Bf1 "(...) complexidade vai ser a presença de organizações com muitos níveis interligados de forma que dificulta a predição do comportamento do sistema completo", nota-se que os sistemas complexos possuem indeterminação e incerteza que impede a manifestação do determinismo. A discussão concilia especialmente com as ideias de Morin (2007), García (2004) e Prigogine e Stengers (1984) por tornar indispensável conceber o pensamento como inconcluso e indeterminado ao mesmo tempo em que se preserva as relações estabelecidas entre os seus componentes.

Licenciados e bacharéis em Biologia

Para esse grupo, a definição do termo se distinguiu entre aqueles que compreenderam a complexidade como um conjunto organizado em diferentes elementos e os que a conceberam-na perspectiva biológica, no que se refere aos aspectos evolutivo e ecológico. Na primeira situação, Bb1 exemplifica a ideia de que tais componentes estabelecem relação e interação mútua a partir do trecho "Complexidade é um sistema, biológico ou não que possui um número grande de variáveis e que interagem entre si, muitas vezes de mais de uma forma". Na mesma tônica, Lb3 articula o entendimento de complexidade também às relações instituídas entre os elementos, como destaca a fala "(...) complexidade seria uma forma para definir o modo como as coisas se relacionam, na lógica, por exemplo, seria

como as premissas se relacionam". Essas visões corroboram com todos os autores (Quadro 1) cujo entendimento se estende aos fenômenos ou sistemas complexos que não podem ser reduzidos ao estudo isolado das suas partes, sendo necessário considerar a interação dos fatores para se explicar algo complexo. Para Bb2 há o direcionamento para outra compreensão ao atrelar o conceito a ideia de complicação, observada no trecho "*A primeira coisa que pensei sobre complexidade foi algo que envolve múltiplos fatores/elementos (...) que apresenta muitas variáveis que torna sua resolução difícil*". Essas respostas indicam que os docentes concebem, a complexidade a partir do olhar da dificuldade dos processos e fenômenos, tal como alertava Fieldler-Ferrara (2010), Morin (2007), García (2004), Leff (2009), Prigogine e Stengers (1984).

Bb3 articula o aspecto biológico/evolutivo do conceito à diversidade de informações desses sistemas, cuja complexidade pode ser elevada diante da pressão seletiva do ambiente. A ideia pode ser identificada na seguinte resposta: "*A maneira pela qual essa informação surge e, conseqüentemente, como a complexidade aumenta nos sistemas biológicos, são conseqüências do princípio da seleção natural introduzido por Darwin (Bb3)*". A complexidade na visão de Bb3 está relacionada à aspectos biológicos, principalmente às informações que podem ser elencadas nos sistemas. Ainda que haja a redução à teoria proposta por Darwin, há certa abertura ao se abordar os sistemas biológicos como passíveis de complexificação, tal como salienta García (2004) e apontam Schneider e Kay (1994) e Leff (2009).

Bb4 articula a complexidade biológica ao aspecto de organização dos ecossistemas, identificado na resposta "*Quando ouço complexidade penso em complexidade de comunidade (pluralidade), mais especificamente complexidade de teia alimentar*". É notório que ambas as compreensões se aproximam da perspectiva de auto-organização de Schneider e Kay (1994), na qual a complexidade dos sistemas biológicos é ampliada à medida que a sua capacidade em dispersar gradientes energéticos também se eleva, ocorrendo o surgimento de estruturas dissipativas em decorrência disso. Prigogine e Stengers (1984) também apontam para a questão ao tratar aspectos que levam a aspectos da Física do não equilíbrio, estruturas dissipativas, ordem e desordem, caos, irreversibilidade etc.

Lb1 afirma "*Quando penso em algo complexo penso que é preciso múltiplas inteligências para se chegar a uma explicação*", assim como Lb2 que respondeu, "*Compreender algo complexo não é trivial. Exige estudos mais detalhados e profundos para entender suas diferentes facetas (Lb2)*". Em ambos os casos, possível perceber o vínculo da complexidade à pluralidade de compreensões, atrelada à necessidade de "variedade" e "multiplicidade" (de olhares, inteligências) para o entendimento ou explicação de um sistema complexo. Aqui, é possível estabelecer comparação às ideias de Morin (2007), que considera a importância da não-disjunção dos saberes para a compreensão de fenômenos complexos. Assim como apontamentos realizados Fieldler-Ferrara (2010), García (2004), Leff (2009), Prigogine e Stengers (1984).

Compreensões e interpretações do termo complexidade: espaços para propor uma formação escolar mais complexa

Como forma de discutir os resultados encontrados, tomou-se dois momentos que podem ajudar a elucidar as compreensões que os participantes têm acerca do termo complexidade. Em um primeiro momento discutem-se os resultados a partir das palavras recorrentes nas respostas obtidas; e, em um segundo momento, a partir das aproximações realizadas com as áreas de conhecimentos: Ciências Naturais, Matemática e Ciências Humanas. Por fim, procurar-se-á um diálogo desses momentos com o contexto escolar, tomando o Quadro 1 (coluna "Ideias para a formação escolar") como orientador da reflexão.

No primeiro momento foram reunidos os principais conceitos e ideias sobre complexidade nas falas dos participantes da pesquisa, previamente analisadas no item anterior. Tais conceitos e ideias foram organizados em uma nuvem de palavras, levando em consideração a sua frequência relativa dentro do texto. A Figura 1 traz as palavras que se destacam nas falas dos participantes.



Figura 1.- Nuvem de palavras de acordo com sua frequência relativa, considerando categorias também obtidas na ATD. Autoria própria

Essa forma de interpretar os resultados, aliada à ATD, conduz às quatro categorias, a saber: (i) complexidade como dificuldade; (ii) complexidade como interações; (iii) complexidade como relações; e (iv) complexidade como sistema.

A categoria (i), citada 25 vezes, evidencia a complexidade como algo que apresenta uma dificuldade intrínseca ao sistema; aquilo que parece muito complicado de ser analisado. Essa concepção é apontada como um equívoco por quase todos os autores presentes no Quadro 1. Fieldler-Ferrara (2010) afirma que complexidade não pode ser empreendida como sinônimo de dificuldade tendo-se em vista que a palavra pode ser comparada às máquinas, que mesmo sendo complicadas são findas em um conjunto limitado de peças. É possível que essa associação entre complexidade e

dificuldade seja fruto de uma visão fragmentada do conhecimento, de uma visão determinista da ciência, fortemente amparada na mecânica newtoniana e no pensamento cartesiano. Morin (2007) chama de "paradigma simplificador", salientando que o pensamento simplificador encontra dificuldade na conjunção do uno com o múltiplo.

A categoria (ii), citada 9 vezes, traz a ideia de que um sistema não pode ser reduzido apenas à quantidade de unidades e interações das quais é constituído. Nessa interpretação, é importante valer-se da aleatoriedade que permeia as relações, por esse sistema, estabelecidas, distanciando-se da visão unidimensional que limita, ao mesmo tempo que empobrece, os contextos que nos rodeiam. Para Fieldler-Ferrara (2010), não é possível explicar um sistema complexo, como um ser vivo por exemplo, separando e analisando as partes que o compõe na ausência das interações das partes com o todo. Ou como salienta Prigogine e Stengers (1984) ao destacar que real possui impossibilidades físicas intrínsecas, anteriormente ignoradas. Ou ainda como destacam Schneider e Kay (1997) ao destacar a ideia da ordem a partir da ordem e da ordem a partir da desordem, pautados em Schrödinger (1944), considerando sistemas vivos enquanto sistemas abertos e dissipativos.

A categoria (iii), citada 7 vezes, entende que a complexidade se manifesta a partir das relações que os componentes dos sistemas estabelecem, circunstância que condiciona suas existências e os tornam particulares. Para Morin (2007), a complexidade surge em sistemas - como organismos vivos - que não permitem serem explicados por uma decomposição das suas estruturas. Ao se encontrarem em constante interação, dificultam sua compreensão por uma simples articulação de elementos independentes. A relação, nesse contexto, aponta para a constante comunicação entre as partes do sistema, implicando em uma associação de dependência das partes que o compõem. García (2004) indica as questões socioambientais e conceitos da ecologia como espaços em que tais aspectos podem ser adequadamente desenvolvidos. E Leff (2009), com cunho mais social, dá destaque ao ser humano que se relaciona com a natureza, fazendo parte dele e discute o limite econômico e de sustentação da vida.

A categoria (iv), citada 6 vezes, está quase sempre associada às palavras relações e interações. A palavra sistema já carrega em si um aspecto de complexidade, como por exemplo em sistemas biológicos ou físicos que necessariamente possuem interações entre si e com o meio externo. Tratar da ideia de sistema também remete à definição de sistemas dinâmicos instáveis que se referem às pequenas mudanças sofridas nas condições iniciais, podendo gerar distintos efeitos ao longo do tempo, tendo-se em vista seu caráter de divergência (Prigogine e Stengers, 1984). Outras relações com os referenciais implicam nas citadas nas categorias (ii) e (iii).

No segundo momento de análise, consideram-se as possibilidades de distanciamentos e aproximações com as áreas de conhecimentos. Nesse sentido, notam-se algumas intersecções de discursos acerca da complexidade com aqueles autores que tipicamente se aproximam ou estão

presentes em suas formações iniciais e áreas de atuação. Assim, por exemplo, os professores e professoras de Física, Matemática e Química trazem em suas respostas aproximações do discurso de Prigogine e Stengers (1984) e Fieldler-Ferrara (2010) com respostas típicas da área. Por exemplo, Lm destaca aspectos relacionados ao grau de elaboração, quantidade de relações, variáveis, conjunto complexo etc.; Lf indicam uma preocupação com o todo, sistemas que interagem, o todo maior que a partes, problemas que não podem ser divididos em partes. De forma semelhante, os alunos da UFABC também se aproximam desse grupo, em especial, ao apontarem discursos que remetem às interações, níveis, organização e processo. Os participantes da Biologia apresentam em seus discursos uma leve tendência ao tratamento da complexidade a partir da vida, aproximando de algumas reflexões de García (1998) e Schneider e Kay (1997). Por exemplo, Bb voltam-se aos conceitos de sistema biológico, quantidade de informação de sistemas, perspectiva evolutiva, adaptação evolutiva, conceitos da Ecologia como comunidade e teia alimentar. Os participantes da Ciências Humanas e Linguagens trazem reflexões muito próximas das ideias de Morin (2007). Ideias como pensar o real, repensar reforma, reformar pensamento e/ou diversos pontos de vista estão muito presentes nas respostas dos Lh. De forma geral, notam-se que os discursos se aproximam das percepções compartilhadas nas áreas de formação, ou seja, as áreas dos conhecimentos influenciam a forma de explicar o termo complexidade.

Por fim, considerando as possíveis contribuições para uma formação escolar mais complexa há de se destacar o termo Dificuldade apontado recorrentemente. Os participantes da pesquisa tratam desse termo tentando explicitar as relações complexas que um sistema aberto e dinâmico pode apresentar. Essa percepção reflete, em parte, a nossa formação, que foi pautada por uma perspectiva simplificadora. E nesse sentido, um ensino que abarque também as incertezas vista como uma construção histórica, social e cultural do conhecimento pautada pelo pensamento complexo, tal como aponta Morin (2007) e destaca García (2004), pode ampliar a visão dos estudantes.

Tratar da interação poderia implicar em dar espaço para discussões que abarque os sistemas abertos e dinâmicos, em que ordem e desordem, irreversibilidade, estruturas dissipativas, entre outro, tornem-se objetos de estudos contextualizados, como, por exemplo, pensando a vida e sua estrutura auto organizativa. Isso implicaria também na possibilidade de discutir, por exemplo, os Princípios da Termodinâmica sob outro olhar. Os apontamentos trazidos pelas relações podem levar a proposições de aulas que tratam dos aspectos sociais, culturais e econômicos a partir dos conteúdos científicos escolares; e que valorizem os diferentes conhecimentos. Já a ideia de sistema abarca todas as considerações realizadas anteriormente: interações, relações e sistema - palavras podem incorporar a propostas de García (2004) relacionadas com a valorização de diferentes conhecimentos, e, ao mesmo tempo, considerar o conhecimento cotidiano e científico nas práticas escolares. O pensamento complexo exige

a interlocução de conhecimentos e o espaço escolar pode propiciar tal conexão.

Conclusões

Esse artigo procurou identificar as ideias acerca do termo complexidade a fim de encontrar espaços para que buscar uma formação escolar mais complexa. Para isso, foram convidados participantes envolvidos com a educação e o ensino, ainda que de forma bastante generalista. As respostas captadas convergiram para categorias que, até certo ponto, corroboram com as ideias propostas pelos pensadores estudados.

A partir desse estudo nota-se uma tendência em tratar a complexidade como sinônimo de algo complicado e difícil, aspecto já alertado nos textos de referência. Também foram identificados o uso de alguns termos mais específicos de cada área. Destaca-se que não foi possível identificar aproximações claras entre as respostas dos participantes com os discursos específicos dos referenciais teóricos da complexidade. Nesse sentido, buscou-se aproximações com termos recorrentes nas falas dos referenciais.

Um aspecto a ser ressaltado refere-se aos distintos discursos acerca do termo complexidade que, ainda que pautado por algumas especificidades em áreas de conhecimento, tem potencial de abarcar reflexões mais amplas e aberta que incorporem outras áreas do conhecimento como as sociais, políticas, econômicas, culturais etc. Um discurso em comum e complexo pode levar a uma reunião de ideias da qual pode emergir o novo.

Os resultados podem trazer contribuições iniciais para se pensar maneiras mais adequadas de abordar a perspectiva da complexidade na formação escolar, visando incorporá-la em uma interpretação de mundo mais crítica, em que os riscos estão presentes na tomada de decisões. Essa forma, de antemão, requer ampliar a discussão da complexidade de maneira que a ideia acerca do complexo não seja sinônimo de complicado; e que o discurso de uma grande área não seja orientador exclusivo para definir o termo complexidade. Esses apontamentos podem abrir caminho para propor ações pautadas pela complexificação do conhecimento escolar, com decorrente formação de sujeitos capazes de tomar decisões mais conscientes em suas vidas.

Agradecimentos

Esse trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) referente ao processo nº 2018/19136-3 e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) MCTI /CNPq /MEC/CAPES Nº440369/2019-3.

Referências bibliográficas

Aquino, R. S. (2016). Desconstrução e reconstrução: a bioquímica sob a metodologia Momup-PE na licenciatura em química. *Revista da SBEnBio*, 9, 3942-3952. Recuperado de <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/renbio-9/pdfs/2144.pdf>

Beck, U. (2010). *Sociedade de Risco*. São Paulo: Editora 34.

Boltzmann, L. (1886). The second law of thermodynamics. Reprinted in: Mcguiness, B. (1974). (Ed) Boltzmann, *Theoretical Physics and Philosophical Problems*. New York: D. Reidel.

Cini, M. (1994). *Un paraliso perduto*. Italia: Editora Feltrinelli.

Costa, E. S. A. (2014). Trilhas interpretativas na área verde da escola como estratégia de ensino para aprendizagem de conceitos ecológicos. *Revista da SBenBio*, 7, 1820-1831. Recuperado de <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0850-1.pdf>

Fiedler-Ferrara, N. (2010). O pensar complexo: construção de um novo paradigma. *Virus Revista do Nomads.usp*, 3, São Carlos. Recuperado de http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/PDF/review/1_pt.pdf

García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Espanha: Díada Editora.

García, J. E. (2004). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Espanha: Díada Editora.

Kawamura, M. R. D. (2010a). *Notas de aula do curso de graduação Física do Meio Ambiente*. Instituto de Física. São Paulo: USP.

Kawamura, M. R. D. (2010b). *Notas de aula do curso de pós-graduação Questões ambientais: uma aproximação Física*. Instituto de Física. São Paulo: USP.

Leff, E. (2009). *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Rio de Janeiro: Editora Vozes.

Leite, R. C. M. (2012). Filosofia das ciências para além da linearidade. *Revista da SBenBio*, 5, 1-9. Recuperado de <http://www.sbenbio.org.br/cds/4enebio/arquivos/4354.pdf>

Macedo, R. S. (2002). *Chrysallis, Currículo e Complexidade: A perspectiva crítico-multirreferencial e o currículo contemporâneo*. Salvador: Edufba.

Macêdo, P. B., Cardoso, S. C. S., Jofili, Z. M. S., e Carneiro-Leão, A. M. A. (2012). O processo de sinalização celular em uma perspectiva sistêmica: um olhar nas relações homem e ambiente. *Revista da SBenBio*, 5, 1-8. Recuperado de <http://www.sbenbio.org.br/cds/4enebio/arquivos/4310.pdf>

Moraes, R., e Galiazzi, M. do C. (2007). *Análise textual discursiva* (1ª Ed). Ijuí: Ed. Unijuí.,

Morin, E. (2007). *Introdução ao pensamento complexo* (3ª Ed). Porto Alegre: Ed. Sulina.

Morin, E. (2010). *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Prigogine, I., e Stengers, I. (1984). *A Nova Aliança: A Metamorfose da Ciência*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

Prigogine, I. (1997). Ciência numa era de transição. *Revista Parcerias Estratégicas*, 1(3), 119-123.

Santos, A. (2008). Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. *Revista Brasileira de Educação*, 13(37), 71-83. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v13n37/07.pdf>

Schneider, E., e Kay, J. (1994). Life as a manifestation of the second law of thermodynamics. *Mathematical and Computer Modeling*, 19(6-8), 25-48.

Schneider, E., e Kay, J. (1997). Ordem a partir da desordem: a termodinâmica da complexidade biológica. Em M. P. Murphy e L. A. J. O'Neill (Org.), *O que é a vida? 50 anos depois* (pp. 187-201). São Paulo: Editora Unesp.

Schrödinger, E. (1944). *What is Life?* Cambridge: Cambridge University Press.

Silva, E. C. R., Fonseca, A. B., Dysarz, F. P., e Reis, E. J. (2015). Hortas escolares: possibilidades de anunciar e denunciar invisibilidades nas práticas educativas sobre alimentação e saúde. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(1), 265-288. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n1p265/29308>

Strieder, R. B., Watanabe, G., Silva, K. M. A. E., e Watanabe, G. (2016). Educação CTS e Educação Ambiental: Ações na Formação de Professores. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(1), 57-81. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2016v9n1p57/31791>

Watanabe-Caramello, G. (2012). *Aspectos da complexidade: contribuições da Física para a compreensão do tema ambiental* (Tese Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Watanabe-Caramello, G., Zanotello, M., e Pires, M. O. C. (2014). A perspectiva freireana na formação continuada de professores de Física. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 7(2), 51-72. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38215/29119>

Anexo 1.- Principais ideias acerca da complexidade defendidas pelos referenciais.

Referenciais	Alguns elementos da perspectiva da complexidade	Ideias para a formação escolar
Edgar Morin (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - é um tecido de constituintes indissociáveis que produz uma diversidade característica. - vincula o uno e o múltiplo, distanciando-se do reducionismo. - considera o acaso, incerteza e incompletude, considerando os três princípios: Dialógico, Recursividade Organizacional e Hologramático. - propõe o pensamento complexo. 	<ul style="list-style-type: none"> - proposições científicas passam a ser vistas dentro de um contexto, com incertezas que fazem parte de uma construção histórica, social e cultural do conhecimento. - abordagem pautada pelo pensamento complexo.
Nelson Fieldler-Ferrara (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - aponta para a previsão de cenários prováveis a partir da compreensão das incertezas intrínsecas aos fenômenos. - organização na qual seus elementos mantêm constantes conexões e interações, cujo objetivo torna-se a busca da representação do real 	<ul style="list-style-type: none"> - analisar as incertezas e aspectos históricos científicos para compreender que a realidade pode se distanciar dos casos ideais.
Ilya Prigogine e Isabelle Stengers (1984)	<ul style="list-style-type: none"> - está atrelada às questões acerca da perspectiva da ciência e de mudança na visão de mundo (epistemologia da ciência). - o real possui impossibilidades físicas intrínsecas, anteriormente ignoradas. - aspectos que levam a aspectos da Física do não equilíbrio, estruturas dissipativas, ordem e desordem, caos, irreversibilidade etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - ciência menos determinista ao tratar de sistemas abertos e dinâmicos. - reflexões acerca da produção do conhecimento, alinhando aspectos epistemológicos na compreensão destes elementos. - ordem e desordem, estruturas dissipativas, entre outros como objeto de estudo. -irreversibilidade.
Edward L. Schneider e James J. Kay (1997)	<ul style="list-style-type: none"> - relaciona a ordem a partir da ordem e a ordem a partir da desordem, considerando sistemas vivos enquanto sistemas abertos e dissipativos. - estruturas organizadas tendem a surgir diante de gradientes energéticos, dissipando a energia e aumentando a entropia global. - concebem a vida a partir da reestruturação da Segunda Lei da Termodinâmica, projetando-a 	<ul style="list-style-type: none"> - ordem e desordem e auto-organização para tratar vida. - sistemas dinâmicos. - outra abordagem para discutir os Princípios da Termodinâmica.

	<p>como uma estrutura dissipativa distante do equilíbrio, preservada pelo aumento progressivo de entropia do ambiente externo ao organismo.</p>	
<p>José Eduardo D. García (2004)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - natureza do conhecimento escolar, tomando-o a partir de sua própria natureza. - complexificação do conhecimento, visando os níveis de formulação e progressão. - mudança do pensamento simples para o complexo, com foco nas questões socioambientais e conceitos da ecologia. 	<ul style="list-style-type: none"> - promover pensamento complexo. - considerar os conhecimentos cotidiano e científico para enriquecer o escolar. - valorização os diferentes conhecimentos. - complexificar o conhecimento escolar e estabelecer os níveis de formulação/progressão.
<p>Enrique Leff (2009)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - é um aporte para discutir a crise material e do conhecimento (questões ambientais, sociais, políticas e econômicas em foco). - ser humano como parte da natureza. - limite econômico e de sustentação da vida. - mudança de pensamento e comportamento a partir de aspectos que levam a complexidade das relações sociais. 	<ul style="list-style-type: none"> - o conhecimento científico alinhado a diferentes contextos. - os aspectos sociais, culturais e econômicos levados em consideração ao se ensinar conteúdos científicos escolares.