

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**A (RE) CONSTRUÇÃO ARTICULADA DE CONCEITOS EM
BIOLOGIA SOB UMA ABORDAGEM SISTÊMICO -
COMPLEXA: IMPRESSÕES E EXPRESSÕES DE
LICENCIANDOS EM BIOLOGIA**

RENATO ARAÚJO TORRES DE MELO MOUL

Recife, 2018

RENATO ARAÚJO TORRES DE MELO MOUL

**A (RE) CONSTRUÇÃO ARTICULADA DE CONCEITOS EM
BIOLOGIA SOB UMA ABORDAGEM SISTÊMICO-COMPLEXA:
IMPRESSÕES E EXPRESSÕES DE LICENCIANDOS EM BIOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. Sob orientação da Prof^a Dr^a Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão e coorientação da Prof^a Dr^a Risonilta Germano Bezerra de Sá.

Recife, Agosto de 2018

RENATO ARAÚJO TORRES DE MELO MOUL

**A (RE) CONSTRUÇÃO ARTICULADA DE CONCEITOS EM
BIOLOGIA SOB UMA ABORDAGEM SISTÊMICO-COMPLEXA:
IMPRESSÕES E EXPRESSÕES DE LICENCIANDOS EM BIOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, na área de Educação.

Defendida e aprovada em ____ de _____ de 2018.

Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Fernanda Muniz Brayner Lopes
Secretaria de Educação de Pernambuco – SEDUC/PE (Membro externo)

Profa. Dra. Edênia Maria Ribeiro do Amaral
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (Membro interno)

Profa. Dra. Marília de França Rocha
Universidade de Pernambuco - UPE (Membro externo)

DEDICATÓRIA

Alguns marcantes professores que me formaram, como um mosaico cujas partes unidas resultam numa imagem. São eles: André Félix, Lucineide Ramos, Givanilda Honório, Valdez Albuquerque, Eveline Alves, Rui Lobo Girão, Anna Myrna Jaguaribe, Cristina Leal Canhoto, Jorge Pataca Canhoto, Tadashi Ohashi, Flávia Lins, Charleide Xisto Vilela, Urbanilde Barros, Reginaldo de Carvalho e Maria Helena Paiva Henriques.

AGRADECIMENTOS

Ao Pai das Luzes, que outorga a vida e sabedoria, entre outra miríade de bênçãos que não posso enumerar;

A Lila, minha melhor companhia para todos os momentos;

A minha família – destacando meus avós e pais - e aos meus amigos; que dedicam o seu melhor *ágape*;

Às professoras Ana Maria Carneiro Leão, Risonilta de Sá, Marília Rocha, Fernanda Brayner Lopes e Edênia Amaral, pelas fecundas orientações ao longo desse extenso caminho;

Aos professores do PPGEC, um corpo docente que nos enriquece com o bem inalienável que não obedece às cotações;

Aos colegas da turma 2016.1, sem vocês não chegaríamos tão longe. Mais que uma turma, uma família;

Aos alunos que tive oportunidade de apresentar o conhecimento;

Aos estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE.

Desejo também declarar que o pouco que aprendi até aqui é quase nada em comparação com o que ignoro e que não desespero de aprender, pois acontece quase a mesma coisa tanto aos que descobrem pouco a pouco a verdade nas ciências como os que começam a ficar ricos: tem menos trabalho em fazer grandes aquisições do que tinham antes, quando eram pobres, de fazer outras bem menores.

René Descartes

RESUMO

A Biologia Celular e Molecular é uma área de mais difícil compreensão devido à complexidade dos fenômenos relacionados e a discussão sobre seus conceitos. Essa dificuldade se deve tanto à complexidade conceitual que essa área comporta quanto ao modo de ensino, geralmente amparado nos paradigmas da ciência cartesiana. Neste trabalho *ex post facto*, buscou-se compreender como se dá a construção articulada dos conceitos complexos e abstratos em Bioquímica, a partir da análise das construções coletivas de trinta estudantes sob uma abordagem sistêmico-complexa, a partir da aplicação do MoMuP-PE (Modelo das Múltiplas Perspectivas – Pernambuco) ao longo do semestre letivo da disciplina Bioquímica dos Sistemas, inserida na matriz curricular do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE. Utilizou-se a análise semiolinguística do discurso, a fim de compreender as transições entre os níveis de organização biológica e suas relações com as concepções paradigmáticas (cartesiana, sistêmica e complexa) de ciência, aliadas ao perfil identitário do formando em Biologia e seus discursos implícitos. Percebendo-se afinal, que os discentes apresentam uma valorização do método científico e experimentações e a necessidade de relacionar o conteúdo específico do curso com demais áreas do conhecimento. Em adição, observa-se que os estudantes relacionam o metabolismo de carboidratos com suas diversas rotas desde o nível molecular ao nível orgânico. E ainda, extrapolam essa relação com outras vias metabólicas quando solicitados. O modo de construção de conceitos dos estudantes é gradativo, amparado no vaivém dos pensamentos cartesiano e sistêmico, o que aponta para uma leve inserção no pensamento sistêmico-complexo.

Palavras-chave: ensino, biologia celular e molecular, MoMuP-PE, paradigmas.

ABSTRACT

Cellular and Molecular Biology is an area of more difficult comprehension due to the complexity of the related phenomena and the discussion about its concepts. This difficulty is due both to the conceptual complexity that this area entails and to the way of teaching, generally supported by the paradigms of Cartesian science. In this work *ex post facto*, we sought to understand how the articulated construction of the complex and abstract concepts in Biochemistry occurs. From the analysis of the collective constructions of thirty students under a systemic-complex approach, from the application of MoMuP-PE (Model of the Multiple Perspectives - Pernambuco) during the semester of the discipline Biochemistry of Systems, inserted in the curricular matrix of the Biological Sciences Degree course of UFRPE. The semiological linguistic analysis of the discourse was used in order to understand the transitions between biological levels of organization and their relations with the paradigmatic (Cartesian, systemic and complex) conceptions of science, allied to the identity profile of the student in Biology and its implicit discourses. Finally, the students present an appreciation of the scientific method and experimentation and the need to relate the specific content of the course to other areas of knowledge. In addition, it is observed that the students relate the metabolism of carbohydrates with their various routes from the molecular level to the organic level. In addition, they extrapolate this relationship with other metabolic pathways when requested. The way students construct concepts is gradual, supported by the reciprocal Cartesian and systemic thoughts, which points to a slight insertion in the systemic-complex thinking.

Keywords: teaching, systemic-complex biology, MoMuP-PE, paradigms.

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1: Dicotomias entre o ensino e a pesquisa propostas por Fávero e Tauchen..	26
Esquema 2: Unidualidade segundo Morin	31
Esquema 3: Paradigmas da Ciência.....	36
Esquema 4: Diferenças entre o MoMuP e o MoMuP-PE	44
Esquema 5: Dinâmica de execução do MoMuP-PE ao longo da tese de Sá (2017)	50
Esquema 6: Elementos constituintes do contrato de comunicação	57
Esquema 7: Aspectos constitutivos da relação argumentativa no discurso	58
Esquema 8: Relações entre os sujeitos do discurso argumentativo	59
Esquema 9: Elementos básicos para análise argumentativa.....	61
Esquema 10: Categorias para análise do discurso dos discentes - Impressões	63
Esquema 11: Níveis de organização em Biologia.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Investigações acerca do ensino de BCM	20
Quadro 2: Propostas de transposição didática de conteúdos em BCM.....	21
Quadro 3: Princípios necessários a aprendizagem	42
Quadro 4: Adaptações do MoMuP-PE a partir do MoMuP	46
Quadro 5: Parte do questionário aplicado aos estudantes	53
Quadro 6: Descrições das aulas observadas	54
Quadro 7: Dimensionamento de análise do discurso	62
Quadro 8: Categoria de análise das produções coletivas dos estudantes – Expressões e Materializações	65
Quadro 9: Dados obtidos no questionário aplicado aos estudantes	68
Quadro 10: Aserções de partida (A1)	77
Quadro 11: Traço dos elementos da lógica argumentativa- Grupo Oxford	80
Quadro 12: Traço dos elementos da lógica argumentativa- Grupo Cairo	82
Quadro 13: Traço dos elementos da lógica argumentativa- Grupo Seul	84
Quadro 14: Resultados da análise dos esquemas de minicasos	86
Quadro 15: Expressões presentes em todas as asserções de chegada.....	88
Quadro 16: Resultados da análise dos esquemas de travessias temáticas.....	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Asserção de chegada - Oxford	79
Figura 2: Asserção de chegada - Cairo	81
Figura 3: Asserção de chegada - Seul	83
Figura 4: Travessia temática - Torréon	90
Figura 5: Travessia temática - Munique	92
Figura 6: Travessia temática - Belém	94
Figura 7: Travessia temática - Adelaide.....	96

LISTA DE SIGLAS

ASD – Análise Semiolinguística do Discurso

ATP- Adenosina Trifosfato

BCM- Biologia Celular e Molecular

ECPL – Esquema conceitual em *parking lot*

MC- Minicaso

MOMUP – Modelo das Múltiplas Perspectivas

MOMUP-PE – Modelo das Múltiplas Perspectivas – Pernambuco

TFC- Teoria da Flexibilidade Cognitiva

THC- Teoria Histórico-Cultural

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
EPÍGRAFE	
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE ESQUEMAS	
LISTA DE QUADROS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE SIGLAS	
INTRODUÇÃO.....	15
OBJETIVOS.....	17
Objetivo geral.....	17
Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	
1.1 Ensino de Biologia Celular e Molecular.....	19
1.2 Do paradigma dominante ao paradigma emergente.....	22
1.3 O pensamento sistêmico.....	27
1.4 O pensamento complexo.....	30
1.5 O pensamento sistêmico-complexo.....	35
1.6 O Modelo das Múltiplas Perspectivas – PE (MoMuP-PE) e a construção de conceitos.....	39
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA	
2.1 Contexto, sujeitos e abordagem da pesquisa.....	49
2.2 Instrumentos da pesquisa.....	51
2.2.1 Questionário utilizado após recorte.....	52
2.2.2 Observação das aulas.....	53
2.2.3 Elaboração de esquemas conceituais	54
2.3. Análise semiolinguística do discurso.....	56
2.3.1 Percurso de análise para as concepções primeiras dos estudantes – Impressões	61

2.3.2 Análise das produções coletivas dos estudantes – Materializações e Expressões.....	62
--	----

CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Impressões primeiras dos estudantes.....	67
--	----

3.2 Expressões dos discentes.....	76
-----------------------------------	----

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
----------------------------------	-----------

REFERÊNCIAS.....	102
-------------------------	------------

APÊNDICE.....	112
----------------------	------------

INTRODUÇÃO

Desde a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, em 1996, o processo de ensino no Brasil tem sido repensado, de forma a buscar melhorias na aprendizagem, ao mesmo tempo acompanhando o avanço da produção científica e sua divulgação, especialmente pelo acesso facilitado à internet. No entanto, o ensino de Ciências ainda se estrutura a partir de

práticas docentes que privilegiam uma abordagem morfológica e sistemática, na qual os conteúdos são trabalhados de maneira fragmentada, desvinculados de outros conteúdos da Biologia e sem conexões com outras disciplinas” (FIGUEIREDO, 2009, p. 12).

Além disso, os métodos de ensino centrados no uso de livros didáticos e de atividades para a memorização de informações e fórmulas, segundo Melo e Carmo (2009), promovem nos estudantes uma postura passiva, em que o posicionamento crítico é quase nulo. Estas dificuldades no processo de ensino e aprendizagem possuem diversas causas, levantando questionamentos e propostas de novas mudanças. Reconhecer as limitações do modelo mecanicista é necessário para a busca de uma nova educação, envolvida com a consolidação do saber, haja vista a necessidade, como apontam Cachapuz *et al.* (2005), de uma educação científica para todos os cidadãos, que vá além da transmissão de conhecimentos científicos, de modo que a tomada de decisões seja fundamentada. Lorenzetti e Delizoicov (2001) alertam que o ensino não deve se restringir à aprendizagem de vocabulários, informações e fatos, mas as habilidades referentes à construção do conhecimento científico devem ser trabalhadas, permitindo aos estudantes correlacionar o que aprende na escola e o que vivencia no cotidiano.

Esta postura pedagógica rompe com os métodos tradicionais de aulas, dissolvendo obstruções do processo de recepção e aplicação do conhecimento, pois motiva a pesquisa e a construção do conhecimento pelos próprios estudantes. A diversidade e a potencialidade de saberes docentes, mobilizadas ao longo da prática pedagógica, sinalizam as possibilidades de construção de conhecimento científico nos mais diversos ambientes de ensino.

A Biologia Celular e Molecular (BCM), com seus variados conceitos, atrai a atenção dos estudantes quando exposta em sala de aula, devido a sua recorrente citação nos meios de comunicação, e a (merecida) fama de dificuldade apresentada no processo de ensino-aprendizagem. Em paralelo, as pesquisas nessas áreas

continuam intensas, o que tem marcado e desafiado a prática do ensino de Biologia, quanto ao preparo e formação de indivíduos que tenham um conhecimento específico sólido, raciocínio crítico e confiança ao se posicionar frente a questões polêmicas como organismos transgênicos, clonagem, reprodução assistida e emprego de células-tronco (BRASIL, 2008; MOURA et al., 2013; LIMA, 2014).

No entanto, essa diversidade de informações gera uma variedade de concepções de Ciência¹, com seus paradigmas, haja vista a heterogeneidade de uma sala de aula com os sujeitos que a compõe. Deste modo, no meio científico aparece a busca pela identidade conceitual da ciência. Shapin (2013) nos questiona se a ciência é mesmo unida em termos conceituais e se esta partilha tal identidade. O mesmo autor nos responde que uma linguagem reducionista materialista unificadora é apontada com veemência na comunidade científica, quando na verdade, os biólogos em especial, ponderam se há mesmo essa possibilidade singular de pensar. Ou mesmo, se há ainda, níveis biológicos singulares.

Desse modo, olhar para a construção de conceitos em Biologia requer uma reflexão pautada nas concepções paradigmáticas de Ciência e nas concepções de níveis de organização biológica, apresentadas pelos estudantes de Biologia. A construção de situações de aprendizagem que favoreçam o estudante aparece como desafio pedagógico constante em sala de aula, impulsionando-nos a conhecer as contribuições de um pensamento articulador/holístico como ferramenta proveitosa para a consolidação do conhecimento, impulsionando novas práticas docentes. Diante do exposto, surge a questão de pesquisa: *Como paradigmas de Ciência e perspectivas de níveis de organização biológica se relacionam na (re) construção articulada de conceitos, a partir de uma visão sistêmico-complexa² da Biologia?*

Em suma, esta dissertação trará uma fundamentação teórica (Capítulo 1), abordando o Ensino de Biologia Celular e Molecular e a influência dos paradigmas de Ciência na prática pedagógica. Seguidamente, o Capítulo 2 explicitará o percurso metodológico vivenciado durante a pesquisa, desde a escolha e coleta dos dados, até a consequente análise. A apresentação dos dados obtidos e sua discussão dialogada com o referencial teórico serão expostos no Capítulo 3. Por fim, as considerações finais retomam a reflexão inicial aqui proposta.

¹ De acordo com Kuhn (1978), ciência é a realização universalmente reconhecida, fruto da estabilização de soluções modelares para uma comunidade de praticantes. Até que essa estabilidade se desmorone frente à fragilidade das explicações e surja uma revolução, que busque novas explicações: os paradigmas.

² A visão sistêmico-complexa aspira a reelaboração articulada das partes para a compreensão do todo.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Analisar a (re) construção articulada de conceitos bioquímicos complexos e submicroscópicos referentes ao metabolismo dos carboidratos, através da observação das construções coletivas de licenciandos em Biologia, em uma perspectiva sistêmico-complexa.

Objetivos específicos

Interpretar as construções argumentativas dos estudantes e suas relações entre as concepções paradigmáticas de Ciência e os níveis de organização biológica (molécula / célula / tecido / órgão / sistemas / organismo / ambiente);

Analisar as relações entre as concepções paradigmáticas e a construção de conceitos em Biologia por meio da análise semiolinguística do discurso;

Avaliar a construção de conceitos em Biologia Celular e Molecular, permeando diferentes níveis de organização biológica, desde o micro ao macrouniverso;

Analisar as construções de conceitos complexos e submicroscópicos do metabolismo de carboidratos, sob a perspectiva sistêmico-complexa.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Educação não é o quanto você tem guardado na memória, nem mesmo o quanto você sabe. É ser capaz de diferenciar entre o que você sabe e o que você não sabe.

Anatole France

A partir desse capítulo, se iniciará uma exposição do cenário recorrente nos ambientes de ensino, no tocante a prática pedagógica dos conteúdos de Biologia Celular e Molecular. Seguidamente, serão apresentadas as principais perspectivas de Ciência e como as mesmas influenciam o ensino e a pesquisa. Ademais, se inclui também uma apresentação do Modelo das Múltiplas Perspectivas - PE (MoMuP-PE) como uma alternativa para a inserção da perspectiva sistêmico – complexa para o Ensino de Biologia Celular e Molecular.

1.1 Ensino de Biologia Celular e Molecular

O que se observa hoje nas escolas, é que os conteúdos relacionados à Biologia Celular e Molecular (BCM) - distribuídos no Ensino Médio sob a forma de citologia, bioquímica e genética - apesar de sua relevância, têm sido abordados superficialmente. Seja devido às dificuldades encontradas pelos professores, que na maioria das vezes não vivenciaram tais conteúdos durante o período de formação acadêmica, seja pelos alunos, por serem conteúdos difíceis de serem compreendidos (CARBONI e SOARES, 2010; MOURA et al., 2013).

A Biologia Celular e Molecular é uma área de difícil compreensão devido à complexidade dos fenômenos relacionados e a discussão sobre seus conceitos. Essa dificuldade se deve tanto à complexidade conceitual que essa área comporta quanto à forma da escola assimilar, organizar e promover o ensino (BANET e AYUSO, 1995; DOLAN et al., 2004; SCHEID et al., 2005). Neste contexto, Carboni e Soares (2010) trouxeram algumas reflexões sobre a importância da inclusão de assuntos referentes à Genética molecular e da relevância do conhecimento formal sobre a molécula de DNA, a fim de diminuir os preconceitos em relação à Genética e desfazer conceitos e informações inadequadas que os estudantes portam consigo.

Dessa forma, a BCM, tema imprescindível a qualquer base conceitual para a compreensão dos seres vivos e da própria Biologia, constitui um campo paradigmático para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem supracitadas (CID e NETO, 2005). Ainda segundo esses autores, as dificuldades que os conteúdos científicos levantam decorrem, frequentemente, da própria natureza dos conceitos, como é, por exemplo, o caso dos conceitos de DNA, gene, cromatina e cromossomo e sua relação com a síntese proteica ou o ciclo celular, os quais escapam a um acesso sensorial direto dos alunos e às suas experiências cotidianas. Essas dificuldades se dão pela abstração necessária ao estudar esses

conteúdos. Nesse caso, podemos entender que conteúdos/conceitos apresentam uma natureza abstrata, quando necessitam da facilitação de uma mediação para se obter acesso ao objeto.

Muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de explorar e analisar os conhecimentos e a compreensão que os estudantes têm sobre BCM, como se pode ver no quadro 1. Algumas dessas pesquisas trazem resultados alarmantes, pois revelam que nem mesmo conceitos básicos moleculares e/ou celulares, como a relação gene/cromatina/cromossomo ou a finalidade do processo do ciclo celular mitótico e meiótico, são compreendidos pelos estudantes ao final dos anos de educação básica ou do ensino superior.

Quadro 1: Investigações acerca do ensino de BCM

Conceitos	Referências	Dificuldades	Terminologia
Ciclo celular	LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000; FABRÍCIO et al., 2006; LOPES, 2007.	Compreender as especificades das etapas do ciclo celular e suas nomenclaturas.	Efeito dissociativo
Relação gene/cromossomo	LIMA, 2007; PEREIRA, 2008; GIACOIA, 2006; SCHUNEMANN et al., 2012.	Distinguir DNA, gene e cromossomo, bem como suas relações com o ciclo celular.	Tricotomia conceitual
DNA	FERREIRA; JUSTI, 2004; PAIVA; MARTINS, 2005.	Abstrair a estrutura do DNA e seu reflexo na dinâmica celular.	Transposição de níveis
Expressão gênica	SILVA, 2011; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007.	Conceber expressões gênicas como determinismo genético e integralizar variados níveis biológicos.	Causalidade linear
Tecnologias moleculares	LEITE, 2004; MOURA et al, 2013.	Reconhecer as variadas aplicações da Genética e seus impactos sociais.	Contextualização sócio biológica

Fonte: Elaborado por Risonilta Sá e Renato Moul.

No entanto, investigações na área do ensino de Biologia Celular e Molecular têm surgido de forma crescente, buscando auxiliar os docentes na transposição didática dos conteúdos, como resume o quadro 2:

Quadro 2: Propostas de transposição didática de conteúdos em BCM

Referências	Propostas
CERQUEIRA; SOBRINHO; PERIPATO, 2013	Ligação gênica através de jogos de investigação.
KOVALESKI; PANSERA DE ARAÚJO, 2013	História da Ciência e Bioética para o ensino das leis mendelianas e descoberta do gene.
LIMA, 2014;	Ciclo celular e mutagênese através de jogo de tarefas múltiplas.
KLAUTAU-GUIMARÃES; PEDREIRA; OLIVEIRA, 2014;	Tirinhas no ensino de gene.
VESTENA; SEPEL; LORETO, 2015;	Hereditariedade por Heredogramas.
BAIOTTO; LORETO, 2016;	Mutação por jogo de rodadas e modelagem.
GUEDES; MOREIRA, 2016	Seriados de TV e demonstrações em laboratório no ensino de conceitos em Genética.

Fonte: Elaborado por Ana Maria Carneiro Leão e Renato Moul.

Faz-se necessário, portanto, mudar os paradigmas de ensino, centrados numa visão mecanicista. De acordo com Behrens (1999), tal visão caracteriza uma prática pedagógica que se apresenta fragmentada e assentada na memorização, na cópia e se preocupa com a reprodução do conhecimento. Esta prática está fortemente influenciada pelo paradigma da ciência newtoniana-cartesiana. O contexto social atual exige do professor um olhar reflexivo sobre sua prática pedagógica, caminhando para o paradigma emergente, ou seja, apresentando uma visão holística, que

busca a perspectiva interdisciplinar, superando a fragmentação, a divisão, a compartimentalização do conhecimento; implica aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver, aprender a aprender, aprender a ser (BEHRENS; MORAN; MASSETTO, 2000, p. 92).

Este novo olhar se volta para diversas definições de conceitos em Biologia, como os de espécie, evolução, energia, animal e vida, evidenciando que o uso generalizado das definições não era adequado. Meglhioratti, El-Hani e Caldeira (2012) ilustram esse ponto com uma discussão teórica sobre a necessidade de uma abordagem sistêmica para a elaboração do conceito de organismo, haja vista que, segundo os autores, na biologia contemporânea não se pensa o organismo como totalidade. Desse modo, este não é abordado mediante as propriedades emergentes no nível orgânico de complexidade. Esses autores continuam ainda nos alertando que:

[...] os fenômenos biológicos não podem ser explicados somente a partir de uma abordagem reducionista da Biologia. [...] devem ser estudados levando em consideração a existência de propriedades que emergem no organismo devido a certos padrões organizativos. Além disso, as tentativas de categorizar os fenômenos naturais, muitas vezes, não levam em consideração a inexistência de limites exatos na natureza, uma vez que as interações moleculares variam desde interações mais simples que ocorrem na matéria inanimada até àquelas complexas interações que ocorrem nos seres vivos, sendo que a fronteira entre o não vivo e o vivo na história evolutiva não está clara (MEGLHIORATTI, EL-HANI e CALDEIRA, 2012, p. 9).

Carneiro-Leão et al. (2013) também discorrem sobre esta problemática ao mostrar que a transição entre os níveis de organização em Biologia deve ser enfatizada no ensino de processos biológicos complexos.

Outro exemplo se dá com o conceito de gene, que de acordo com Joaquim e El- Hani (2010), está em crise, devido à tentativa de compreendê-lo sob um paradigma cartesiano, sem, contudo, avaliar as relações que se dão entre os genes na célula, pois

a complexidade da expressão gênica está especialmente relacionada ao grande número de processos vinculados à regulação. A ideia de que o gene é uma unidade de função está baseada na noção de que um gene produz um polipeptídeo que, por sua vez, tem uma função singular. Entretanto, a complexidade da expressão gênica, que é altamente dependente do contexto celular, torna bastante difícil manter a ideia de uma relação única entre um gene e sua função (JOAQUIM e EL-HANI, 2010, p. 104).

Esses autores ainda esclarecem que uma definição de gene não precisa ser inteiramente geral para ser útil. Em ciências tão diversificadas, tais como a Genética e a Biologia Molecular, parece razoável pensar que uma variedade de modelos e definições de genes, com domínios bem delimitados de aplicação, pode dar conta de maneira mais apropriada das tarefas epistêmicas levadas a cabo pelos pesquisadores, do que uma definição ou modelo universal.

Levando-se em consideração que o sistema genômico nos remete à complexidade, com vias diversas e simultâneas em seu funcionamento, exigindo uma nova ótica para sua compreensão: não reducionista, não-linear, articulada e contextualizada.

1.2 Do paradigma dominante ao paradigma emergente

Na abordagem tradicional do conhecimento científico, os conteúdos específicos são fragmentados e dispersados em áreas conceituais distintas, de modo

que estruturas e processos não se relacionam. Assim, o ensino acaba por se pautar na memorização de conteúdos e de nomenclaturas, mas sem entendimento das relações envolvidas (CARNEIRO-LEÃO, MAYER e NOGUEIRA, 2010). Estes princípios de organização do pensamento, ancorados na matematização, formalização e lógica binária, orientam nossas visões de mundo sem que, por vezes, tenhamos o entendimento sobre tais operações, caracterizando deste modo, o reducionismo.

Compreende-se reducionismo como a crença de que níveis superiores de integração de um sistema complexo possam ser integralmente explicados através do conhecimento dos componentes menores (o que poderia ser chamado de reducionismo explicativo) ou, a alegação de que teorias e leis de um campo da ciência não são mais que casos especiais de teorias e leis de outro ramo da ciência, mais básico, em particular da física (o que poderia ser denominado reducionismo de teorias). Dessa maneira, a importância de cada ramo da ciência seria tanto maior quanto mais perto estivesse do nível das partes menores (BERTATO, 2015).

Murphy (2014) divide ainda o reducionismo em dois modos: metodológico e epistemológico. O primeiro compreende que a forma mais apropriada de fazer ciência é decompor um sistema em partes e estudar seus comportamentos. O segundo compreende que leis ou teorias das ciências de níveis elevados devem ser reduzidas ao nível imediatamente mais baixo, e em última instância, à física.

O pensamento reducionista, amplamente utilizado no meio científico, está pautado no paradigma newtoniano. Assim, cabe a definição para o conceito de paradigma, proposta por Kuhn como:

Uma realização científica de grande envergadura, com base teórica e metodológica convincente e sedutora, e que passa a ser aceita pela maioria dos cientistas integrantes de uma comunidade. É uma construção que põe fim às controvérsias existentes na área a respeito de determinados fundamentos. A partir do momento em que existe um consenso por parte de um grupo de cientistas sobre determinadas ocorrências ou fenômenos, começa uma sinergia unificadora ao redor da nova temática (MORAES, 1998, p. 31).

Carvalho (2008), ao refazer sua leitura dos aportes teóricos kuhnianos, afirma que o paradigma é um conjunto de tudo aquilo que une os membros de uma comunidade científica. Trata-se de uma aceitação generalizada à determinada construção teórica, a ponto de oferecer aporte teórico e metodológico para o trabalho subsequente na disciplina em questão.

Exemplos de paradigmas, citados por Kuhn (1978) são a Física de Aristóteles, a Astronomia de Ptolomeu e a de Copérnico, a Óptica de Newton, dentre outros. Na Biologia, podemos apontar ainda o Evolucionismo de Lamarck e a Sistemática de Lineu, bem como na Química aparecem o Atomismo de Dalton e a Periodicidade de Mendeleiev.

Pienta et al. (2005) pontuam que o paradigma newtoniano–cartesiano inaugura um tempo de hegemonia da ciência ao qual a sociedade torna-se submissa a partir do século XVI. Seu principal pressuposto é a compreensão do complexo a partir do olhar para cada parte constitutiva. Os autores indicam que aparece desse modo, a divinização da fragmentação, a qual traz consigo outras dificuldades, aliada ao racionalismo científico:

Na constante busca da neutralidade, desumanizou o conhecimento, afastando a emoção da razão, o corpo da mente, a ciência da ética. Na educação, separou o sujeito do objeto, o educador do educando, o conteúdo da forma. Nesse contexto, subjetividade, sensibilidade e humanidade são características que ameaçam a neutralidade científica (PIENTA et al., 2005, p. 97).

Behrens (2005b) afirma que Descartes (1596-1650), influenciado por esse pensamento propôs o “Discurso do método”, tendo como principais pressupostos: (1) dividir cada um dos conceitos em tantas parcelas quanto possível para resolvê-las; (2) partir da ordem dos conceitos mais simples para os mais complexos para conduzir degrau a degrau o conhecimento e (3) buscar em toda parte enumerações tão completas e revisões tão gerais, que provocasse a certeza de nada omitir.

Jorge (2016) aponta que Descartes, retirando a “alma” aos objetos físicos, propôs que eles fossem imaginados como figuras e movimentos, imbricações geométricas, choques e impulsos sem “ações à distância”, onde:

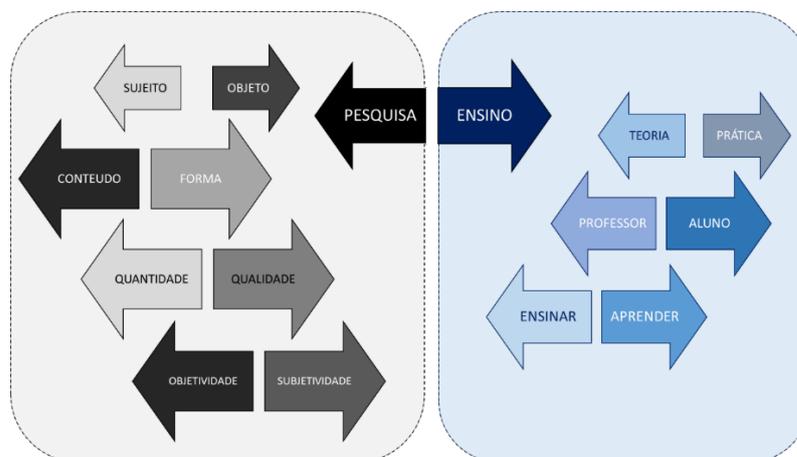
A noção de que o todo é o resultado da soma das parcelas (quer no mundo físico e biológico quer no próprio corpo humano) e que, conhecidas as partes, se conhece o sistema global, abria o caminho para a resolução da complexidade visível, incentivando à divisão, à redução, ao isolamento do contexto atual. A preocupação pela observação detalhada, pela manipulação experimental e pela medida rigorosa que Galileu introduzirá, graças ao recurso a novos instrumentos, e que permitirá à ciência operacionalizar-se, deixando de ser mera logoteoria, legitima-se no interior dessa nova liberdade de movimentação que tal pensamento consente (JORGE, 2006, p. 27).

Assim, o século XVII consolida a busca pelo método que permitiria adentrar a porta da verdade universal. Descartes, Espinosa e Leibniz procuram fornecer o conjunto de regras que permitiriam ordenar o pensamento: o método como sinônimo de regra e de ordem, seguindo o modelo dedutivo da geometria (FÁVERO e TAUCHÉ, 2013, p. 177). Ainda hoje a veneração pelo método científico e sua operacionalização reducionista ressoam na academia, como o motor da prática científica, na busca da especificação perfeita, ou seja, o cálculo objetivo do mundo, expresso em uma equação única e concisa (JORGE, 2006). A maioria dos biólogos contemporâneos empolgados pelo êxito do método reducionista no campo da bioquímica e da engenharia genética, ainda acredita que o modelo cartesiano é o único enfoque válido, organizando suas pesquisas a partir deste princípio (CAPRA, 2006; BERTALANFFY, 2012).

Weber e Behrens (2010) indicam que esse paradigma influenciou fortemente a educação e a sociedade atual. Isto se reflete em uma problemática imensurável, considerando a escola como instituição situada num contexto social, histórico, político e cultural de seu tempo, que necessita de práticas que superem a fragmentação e a mecanização próprias de um pensamento teórico que prova ser ultrapassado (PIENTA et al., 2005). Devemos ainda lembrar, de acordo com Bloor (2009), que embora a ciência seja exigente na adoção de procedimentos padronizados impessoais e passíveis de repetição, a experiência social está atrelada fundamentalmente ao conhecimento.

Esta reflexão acerca do modo de fazer ciência também é estendida aos ambientes de ensino por Fávero e Tauche (2013), como representado esquematicamente no Esquema 1:

Esquema 1: Dicotomias entre o ensino e a pesquisa propostas por Fávero e Tauche



Fonte: Elaborado por Ana Maria Carneiro Leão

Particularmente ao ensino, suas dicotomias se alastram na prática pedagógica dissociando docentes e discentes, bem como teoria e prática. Quem ensina domina a teoria e quem aprende deve reproduzi-la. Quanto melhor for essa reprodução, mais domínio se obtém da prática. E ao extrapolar essa perspectiva para a pesquisa, também dicotomizada, depara-se com modos de fazer ciência estanques e estáticos, compartimentalizados em modos de pensamento encaixotados.

Viegas e Fernandes (2001) apontavam que o paradigma educacional vigente (unidimensional, monocultural e compartimentado disciplinarmente) está articulado com o paradigma científico dominante (fundado na especialização, na atomização, na compartimentação dos conhecimentos e na racionalidade instrumental), sendo ambos responsáveis pelo modelo civilizacional contemporâneo que tem ampliado as desigualdades e as exclusões sociais, agravado os desequilíbrios entre culturas e os problemas ecológicos.

Machado (2004) denuncia que o paradigma dominante construiu a escola que conhecemos, sem respeitar a criatividade nem a diversidade. Por escola, compreendemos ainda o meio acadêmico, onde se cristalizou a subdivisão do conhecimento em áreas, institutos e departamentos. Delimitam-se assim, fronteiras epistemológicas, visto que cada departamento organiza seus respectivos cursos por meio de listas de diferentes disciplinas, em “grades curriculares que, na prática, funcionam como esquemas mentais ao impedirem o fluxo de relações existentes entre as disciplinas e áreas de conhecimento” (SANTOS, 2008, p. 72). Esta

problemática também foi descrita por Zabala (2010) ao afirmar que o caráter propedêutico do ensino e a preparação voltada para os estudos universitários, faz com que a organização dos conteúdos respeite unicamente a lógica das matérias.

Face ao cenário, Souza e Silva (2013) apontam para a necessidade urgente de uma reforma paradigmática nos processos de construção e reorganização do conhecimento, ou seja, uma reforma de pensamento, com ampliação de horizontes da prática pedagógica rumo a vivências de aprendizagem mais contextualizadas com a realidade vivida pelos indivíduos.

Mesmo na formação dos professores, é relevante que se promova o ensino voltando-se aos diversos tipos de saberes - transitando entre disciplinas específicas e disciplinas dedicadas à prática pedagógica - divididos por Silva (2009) em saberes da experiência, saberes científicos e saberes pedagógicos. O que também é defendido por Lima e Cosme (2018), ao afirmarem que no paradigma emergente, aprender é apropriar-se de uma parcela do patrimônio cultural, ampliando a visão de mundo por meio das relações entre saberes diversos.

Mais especificamente no campo da Biologia, Keller (2005) sugere uma profunda mudança na compreensão dos seres vivos, propondo que mudemos o foco das entidades ou componentes dos sistemas vivos – vistos isoladamente - para os seus processos de interação em redes bastante complexas. De acordo com a autora, isto deverá ser uma importante mudança, em termos teóricos e metodológicos, pois permitirá não só a assimilação da estrutura e função das partes constituintes dos sistemas biológicos, como também compreender como essas partes estão conectadas entre si, como elas operam mutuamente, como elas interagem em níveis de organização com diversos graus de complexidade e, além disso, aninhados entre si.

1.3 O pensamento sistêmico

Relembrando as palavras de Leonardo Boff (1997), todo ponto de vista é a vista de um ponto. Esta frase traz consigo inquietações que ressoaram na mente de cientistas ao longo do tempo, ao observar que o olhar focado na parte não refletia em si a originalidade do contexto, pois tudo no cosmo interage com o que lhe rodeia.

Em razão disso, como resposta ao modelo mecanicista de estudo, novas propostas começaram a surgir entre os acadêmicos, a exemplo do paradigma sistêmico. De acordo com Behrens, neste paradigma:

[...]se pretende o homem recupere a visão do todo. Que se sinta pleno, vivendo dentro da sociedade como um cidadão do mundo e não como um ser isolado em sua própria individualidade. [...] O professor na abordagem sistêmica ou holística tem um papel fundamental na superação do paradigma da fragmentação. [...] O aluno caracteriza-se como um ser complexo que vive num mundo de relações e que, por isto, vive coletivamente, mas é único, competente e valioso (BEHRENS, 2005b, p. 58).

Conforme Capra (2004), na visão sistêmica, as propriedades essenciais de um organismo são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui. Estas propriedades emergem de interações e relações e são anuladas quando o sistema é fragmentado ou dissecado em elementos isolados, cuja compreensão nunca é suficiente sem a visão do todo. Por isso, “a emergência do pensamento sistêmico representou uma profunda revolução na história do pensamento científico ocidental”, quando contesta a crença cartesiana segundo a qual “em todo sistema complexo o comportamento do todo pode ser entendido inteiramente a partir das propriedades de suas partes” (CAPRA, 2004, p. 41).

Surge, então, a emergência do que Morin (2002) denomina de ciências polimetadisciplinares, convergindo o conhecimento de diversas áreas

em defesa da (re) configuração curricular e pedagógica, com base em trocas de saberes, valores e significados que a humanidade será sempre mais capaz de refazer caminhos, entendendo-se inacabada e inconclusa em seus nebulosos horizontes de configuração (RODRIGUES, 2008, p. 99).

Como exemplo de conceito que exige um olhar de interações entre as partes, podemos tomar a biosfera cujas fronteiras, aponta Capra (2006), entre organismo e meio ambiente não são fáceis de determinar, pois:

[...]é uma teia dinâmica e altamente integrada de formas vivas e não - vivas. Embora essa teia possua múltiplos níveis, as transações e interdependências existem em todos os seus níveis. A grande maioria dos organismos vivos está não só inserida em ecossistemas, mas são eles próprios ecossistemas complexos, contendo uma infinidade de organismos menores que possuem considerável autonomia e, no entanto, integram-se harmoniosamente no funcionamento do todo (CAPRA, 2006, p. 269).

Relativamente à genética, Capra (2006) enfatiza que a perspectiva sistêmica deixa bem claro o fato de que os genes não são os determinantes exclusivos do funcionamento de um organismo, tal como os dentes e as rodas determinam o funcionamento de um relógio. Devemos considerar a interação dos genes com o meio,

surgindo daí o conceito de fenótipo, pontuando que na visão sistêmica no ensino da BCM “essa característica tem um desdobramento fundamental que é a compreensão da vida como um fenômeno que se manifesta como sendo um sistema organizado e integrado, interagindo com o meio físico-químico” (SÁ et al., 2012, p. 4).

A visão sistêmica de mundo percebe o todo e, em cada parte encontra-se o todo, é um pensamento processual, os fatos/eventos são vistos como teias interconectadas, inter-relacionadas num processo de mudança e transformação (PIETROBON, 2006).

Capra (2006) afirmava que a maior parte da biologia e da medicina contemporânea tem uma visão mecanicista da vida e tenta reduzir o funcionamento dos organismos a mecanismos celulares e moleculares bem definidos, numa analogia estreita com uma máquina. No entanto, o autor também orienta que só chegaremos a uma compreensão mais completa da vida mediante uma elaboração de biologia dos sistemas, pois a concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações e de integração, considerando que:

Todos esses sistemas naturais são totalidades cujas estruturas específicas resultam das interações e interdependência de suas partes. A atividade dos sistemas envolve um processo conhecido como transação – a interação simultânea e mutuamente interdependente entre componentes múltiplos (CAPRA, 2006, p. 260).

Essa nova ótica sugere a ultrapassagem de um modelo de Ciência recortado, diretivo, simplista e linear característicos do paradigma Cartesiano. Não se trata de ignorar ou minimizar os avanços científicos e tecnológicos traçados a partir dessa concepção paradigmática, mas de considerar que ele não é suficiente para lidar com os fenômenos complexos, a exemplo dos processos de manutenção da vida (SOUZA, BRAYNER –LOPES e CARNEIRO-LEÃO, 2014).

Nesta via também Santos et al. (2011) ressaltam a importância do pensamento sistêmico, que é uma concepção basicamente holística apresentada, em 1940, por Ludwig von Bertalanffy; seguida pelas ideias de Capra, onde as propriedades das partes não são necessariamente propriedades extrínsecas, mas precisam ser vistas e entendidas dentro do contexto de um todo:

Uma vez que os sistemas não são fragmentados, ficam separados momentaneamente como objetos de estudo; não se deve esquecer, portanto, na prática docente, que os objetos e os seres vivos estão em constante relação. Nesse sentido há uma troca subjetiva e objetiva nessas relações, as quais não podem ser estudadas, vistas, analisadas ou entendidas

separadamente. Assim, a perspectiva sistêmica da ciência mostra que os sistemas não podem ser compreendidos por meio da análise individual, pois vivemos em uma rede de relações interdependentes, uma teia na qual as únicas soluções viáveis são as soluções sustentáveis. Nessa perspectiva, a concepção sistêmica entende o mundo em termos de relações e integração (SANTOS et al., 2011, p. 3).

Dado o contexto atual do modo de fazer ciência – com avanço tão acelerado – bem como a facilidade de transmissão da informação, “faz-se necessária a mudança de postura frente a sala de aula, já que uma prática fragmentada não atende mais às necessidades da sociedade atual” (PIETROBON, 2006, p. 77).

1.4 O pensamento complexo

Em se tratando de um termo polissêmico, faz-se necessário tecer uma base de definição que seguimos como concepção, no que se refere à complexidade. Assim, relembramos o que diz Bierhalz (2006), ser complexo é diferente de ser complicado; a teoria da complexidade é uma ciência nova, de caráter global, que supera o “biologismo”, o evolucionismo, o historicismo, buscando abranger uma reconfiguração total dos saberes e a multidimensionalidade do ser humano. Lembra ainda que o conhecimento compartimentalizado e especializado reduziu a complexidade do real, onde conhecer é estabelecer domínio sobre o objeto conhecido.

A complexidade parece ser um tecido de diferentes cores e texturas, onde os elementos heterogêneos e contraditórios encontram-se associados de forma una e múltipla. Os fios, as tramas que se entrecruzam formam a unidade da complexidade sem, contudo, destruir a diversidade das complexidades que formam o *complexus* (FÁVERO e TAUCHE, 2013).

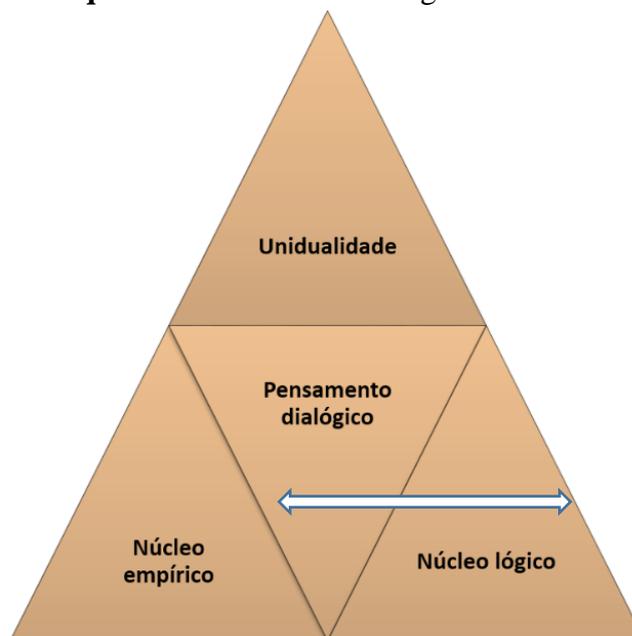
Morin (2007) aponta que o pensamento complexo aspira ao conhecimento multidimensional, sendo animado por uma tensão permanente entre o saber não fragmentado, não compartimentado e não redutor, e o reconhecimento do inacabado e da incompletude de qualquer conhecimento, onde:

A um primeiro olhar a complexidade é um tecido de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem o mundo fenomênico. Mas então a complexidade se apresenta com os traços inquietantes do emaranhado, do inextricável, da desordem, da ambiguidade, da incerteza (MORIN, 2007, p. 13).

Encaminha-se assim um breve esclarecimento sobre a complexidade em sua essência: um olhar para as relações que se dão entre as partes, considerando o todo. Em outras palavras, essas partes estão intimamente ligadas, promovendo fenômenos intrínsecos e extrínsecos à aparência da totalidade.

Morin (2008) avança ainda apresentando o *complexus* do *complexus*, ao dizer que nas avenidas da complexidade, existem dois núcleos ligados entre si, um núcleo empírico e um núcleo lógico. O empírico contém, de um lado, as desordens e as eventualidades e, do outro lado, as complicações, as confusões, as multiplicações proliferantes. Por sua vez, o núcleo lógico é formado pelas contradições que devemos necessariamente enfrentar e pelas indecidibilidades inerentes à lógica. Assim, Morin sugere o pensamento dialógico, isto é, entre as duas lógicas, formando o que se denomina terceiro incluído: a unidualidade. Neste ponto, a unidade constituída será distinta dos pares binários, configurando outro nível de realidade e/ou percepção, onde os opostos não desaparecem como unidades, conforme se pode visualizar no Esquema 2:

Esquema 2: Unidualidade segundo Morin.



Fonte: Ana Maria Carneiro Leão e Renato Moul.

Lipman (1995) tendo o universo como ponto de partida, o caracteriza como uma organização de complexos ao mesmo tempo ligados e separados entre si.

Considera ainda que o significado de um complexo está nos relacionamentos que este tem com outros complexos, a partir de associações e disjunções.

Na ótica complexa, a contradição, as dicotomias, os antagonismos são importantes também para a percepção, pois segundo Fávero e Tauche (2013), denota a descoberta de outra camada mais profunda (ou de uma visão da realidade) que nossa lógica reducionista não seria capaz de compreender pelos princípios que a norteiam. Os autores afirmam ainda que neste trânsito entre o todo e as partes, não só os indivíduos estão nas organizações, mas as organizações estão nos indivíduos; não só o sujeito está no objeto, mas o objeto está no sujeito, constituindo o que, no campo da complexidade, denomina-se de princípio hologramático. Um princípio que remete a ideia de movimento, de circularidade constante entre o todo e as partes, as partes e o todo, superando a linearidade das explicações indutivas ou dedutivas que orientam a ciência moderna. Mariotti (2007) aponta ainda que o operador hologramático refere-se a holograma, ou seja, a fotografia em cuja imagem cada ponto contém quase a totalidade do objeto reproduzido.

O princípio hologramático relaciona-se, também, ao princípio recursivo. “A organização recursiva é a organização cujos efeitos e produtos são necessários à sua própria causação e sua própria produção” (MORIN, 2008, p. 182). Além da autorregulação, o princípio da recursividade se expressa como uma espiral de auto-organização, promovendo uma dinâmica de autoprodução daquilo que a produz. Ou ainda, segundo MORIN (2007), o pensamento complexo permitindo a transferência mútua das partes para o todo e do todo para as partes, sugere a negociação com as incertezas e contradições que limitam o pensamento.

Com relação à Biologia, Jorge (2006) afirma que a vida era lida a partir de um modelo de “ordem” que a imagem do cristal evocava, em sua regularidade e estabilidade. A Bioquímica e a Genética de então legitimavam esse pensamento, embora os biólogos convivam com a complexidade e com a auto-organização há muito tempo.

Mayr (2005) aponta a complexidade de sistemas vivos ao defender que não existem sistemas inanimados no mesocosmos que sejam tão complexos quanto os sistemas biológicos de macromoléculas e células, considerando suas qualidades de reprodução, metabolismo, replicação, regulação, adaptação, crescimento e organização hierárquica. Lembra ainda que nada do gênero existe no mundo inanimado.

Petraglia (2011) sugere a complexidade como alternativa para uma remodelação do ensino, visto que este paradigma considera a comunicação entre as diversas áreas do saber e compreende ordem, desordem e organização como fases importantes de um processo, numa auto-eco-organização dos sistemas vivos, que, ao se organizarem, influenciam e são influenciados pelo meio. Maturana e Varela (1995) afirmam que, tradicionalmente, a ciência tem mais facilidade em analisar decompondo - pesquisando nas propriedades particulares do ser ou sistema – do que estudar as relações entre os componentes. Sob esta óptica, Francisco (2010) aponta que a realidade não se pode entender senão como uma multiplicidade de relações, pela qual o todo se encontra interconectado, sendo sua separação uma ficção.

Por outro lado, desfazendo as ilusões de uma súbita unificação das ciências, no plano operacional, Jorge (2006) compreende ser necessário estarmos atentos ao fato de a complexidade não ter feito desaparecer, milagrosamente, as fronteiras entre as disciplinas, visto que os espaços em branco entre elas - as distâncias - parecem realmente encurtadas, não exatamente porque certos modelos matemáticos e certas formalizações da complexidade puderam circular livremente entre as ciências, mas porque – e como tem sido o natural destino da interdisciplinaridade – novas disciplinas vieram preencher essas “terras de ninguém” entre as ciências existentes.

Sendo assim, sobre o modo de fazer ciência nos ambientes acadêmicos ainda impera o reducionismo, a visão estanque das áreas de conhecimentos, sem dialogicidade, sem interconexão. Não é de se impressionar que um dos maiores teóricos da complexidade, Edgar Morin, alerta para o fato que ainda estamos cegos ao problema da complexidade. Nas disputas epistemológicas travadas entre Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend não se discute sobre ele, de modo que

esta cegueira faz parte da nossa barbárie. Precisamos compreender que estamos na era bárbara das ideias. Estamos ainda na pré-história do espírito humano. Só o pensamento complexo poderá civilizar nosso conhecimento” (MORIN, 2007, p. 15).

Nesse prisma, nasce a necessidade de analisarmos os conceitos nos contextos nos quais estão inseridos, utilizando um olhar complexo. Ressaltando aqui que esta complexidade não se refere à dificuldade de compreensão, mas à “interconectividade entre os elementos” (CARVALHO, 2008, p. 1). Para entender, por exemplo, o gene, é necessário ora olhar para a entidade molecular isolada, considerando sua constituição físico-química, ora olhar para as relações que se dão

entre o gene e o meio no qual está disposto, exigindo assim, o que Mariotti (2012) chama de técnica do *zoom*, transitando entre o foco reducionista e a visão periférica.

Importa compreender que fenômenos distintos e antagônicos, por vezes, unem-se e reúnem-se para emergir um fenômeno maior, sem anular a importância das partes nem tampouco do todo, sendo esta transição entre as partes e suas relações defendida no paradigma da complexidade, que “não aspira à delimitação das fronteiras conceituais. Entende que as fronteiras são permeáveis e fluidas, operando com princípios-guia considerados operadores cognitivos da complexidade” (FÁVERO E TAUCHE, 2013, p. 183). Isto é, torna-se necessário ultrapassar do conceito dicotômico (parte-todo, ser-saber, sujeito- objeto) para um conceito articulado, um olhar que considere

O ser como sinônimo do saber, o saber como uma razão de ser, uma relação simbiótica, e não dicotômica como na pedagogia tradicional. Pedagogia que separa o sujeito do conhecimento, considerando o saber como algo objetivo, neutro e nobre, em detrimento da dimensão subjetiva (Santos, 2008, p. 76).

Morin (1999) orienta que a ciência precisa projetar novas luzes em direção a um conhecimento multidimensional, redimensionando a humanidade, não produzindo sínteses reducionistas e simplificadoras, mas avançando rumo a um pensamento complexo. Por isso, é necessária uma razão aberta nos princípios da lógica clássica, assumindo uma atitude dialógica entre a incerteza e a certeza sem descambar num ceticismo global.

No paradigma da complexidade, o processo de aquisição de conhecimento é compreendido como decorrência das relações que o estudante estabelece com o meio, cabendo ao professor mediar o processo educacional. Assim, o docente necessita viabilizar as trocas necessárias, propor relações dialógicas, provocar os alunos para realizar pesquisas para colher informações e conteúdos coletados de forma crítica e ativa. Este procedimento investigativo permite transformar esses conteúdos e informações coletados em elaborações que levem a uma produção do conhecimento próprio e significativo (FERREIRA, CARPIM e BEHRENS, 2010). Neste mesmo horizonte:

[...] os processos educativos extrapolam as abstrações científicas, as relações de dominação do sujeito que se apodera do objeto quando emprega um conjunto de métodos e técnicas educativas. No horizonte da simplificação, o professor acredita que “dominando” o conteúdo e escolhendo a forma adequada de ensinar, terá a ordem da turma. Promove um “empanturramento” cognitivo baseado na certeza de um modelo de formação. Por isso, responde, recita, explica. Pensa ser

preferível ter a resposta para quase todas as coisas, pois se move no instituído, do que se deparar com trinta perguntas e dezenas de incertezas (FÁVERO e TAUCHE, 2013, p.189).

Por este motivo, Rodrigues (2008) alerta que uma educação voltada para a complexidade, exige e sugere não só comportamentos inter-conectivos e inter-relacionais dialogantes, mas estilos de vida e de sociedade comunicacionais, reflexivas e abertas, tendo, muitas vezes, que renunciar a alguns dos saberes prontos, em suas certezas e definições, experimentando outros conceitos, categorias e bases curriculares flexíveis, nos quais não se renegue a ciência, o saber e o conhecimento elaborados a duras penas pela humanidade, mas, certamente, aos quais seja possível dar novos sentidos e significados. O que coaduna com a indicação de Jorge (2006) quanto ao modo de se apresentar a complexidade à sociedade e à cultura: “uma atitude solidária de escuta e de diálogo com o que está fora dos seus domínios e competências específicas, abrirá a possibilidade, não só de certa inteligibilidade global, mas da própria sobrevivência” (JORGE, 2006, p. 53).

1.5 O pensamento sistêmico-complexo

Mariotti (2000) concebe o pensamento complexo como o abraço necessário entre as abordagens cartesiana e sistêmica, considerando que na Ciência e na Educação, por vezes, o olhar cartesiano também se faz necessário.

O que não se deve ser tido como postura referencial é a adoção de apenas um olhar, a fim de que não caiamos no ciclo de repetição dos velhos erros, adicionando vinho novo em odres velhos. Isso é confirmado por Jorge (2006), anunciando que a chegada à complexidade representaria um elemento determinante para uma alteração da imagem científica da natureza. Porém, o autor denuncia que ao olhar para o rosto mais visível da ciência contemporânea, observa um conjunto de práticas operatórias, marcadas pelos tiques tradicionais do mecanicismo e sua atitude calculatória, até mesmo quando o objeto de estudo são fenômenos complexos.

Ainda neste caminho, Boavida (2007) alega que a partir das discussões de Karl Popper o conceito de ciência se transformou, deixando de significar certeza e segurança, para se tornar um saber mais conjectural e hipotético, continuamente aberto à contínua revisão. Como consequência, atualmente, os universos das ciências da natureza e das ciências sociais e humanas não fazem uso apenas dos termos simplificadores do paradigma positivista. O que não significa, segundo o autor, pôr de

parte a simplificação, ou a categorização que toda a ciência implica, mas exigindo uma relativização dessa perspectiva, tornando-a menos dominadora e, por outro lado, dinamizá-la e inseri-la num paradigma de complexidade, mais consentâneo com a realidade e a necessidade de compreendê-la.

Em biologia, a comunicação entre os paradigmas é recomendável, pois:

A natureza dos conceitos biológicos requer o conhecimento verticalizado das partes trabalhadas em áreas disciplinares específicas, como a Ecologia, a Anatomia e a Bioquímica, mas deve priorizar a articulação entre essas “partes” e dessas com o todo. Trata-se de conceitos Sistêmicos e Complexos, cujo processo de ensino-aprendizagem requer o desenvolvimento de metodologias diferenciadas, contemplando múltiplas linguagens (MACÊDO et al., 2015, p. 2).

O esquema 3 ilustra sinteticamente os paradigmas de ciência com suas principais características:

Esquema 3: Paradigmas da Ciência



Fonte: Elaborado por Souza (2015, p.18).

A complexidade sistêmica aumenta, por um lado, com o aumento do número e da diversidade dos elementos e, por outro, com o caráter cada vez mais flexível, cada vez mais complicado, cada vez menos determinista das inter-relações

(MACHADO, 2004). De acordo com a autora, o pensamento sistêmico é a compreensão da realidade ou virtualidade, que consegue apontar e definir o conjunto de influências responsáveis por eventos, processos, problemas ou fenômenos complexos conduzindo-a à construção de conhecimento dinâmico e flexível sobre o objeto/problema observado/ a ser solucionado.

Em paralelo, o ensino de Biologia requer do docente, numa abordagem sob o pensamento sistêmico-complexo, a compreensão das partes e as suas inter-relações, para compreensão do todo e das relações do todo com o ambiente, pois este pensamento aspira a reelaborada articulação das partes para a compreensão do todo (JOFILI et al. 2010; BRAYNER – LOPES, CARNEIRO LEÃO E JÓFILI, 2014; BRAYNER- LOPES, 2015).

Desse modo, para a devida superação do paradigma newtoniano–cartesiano no início do novo milênio, Bierhalz (2006) aponta a construção de um pensamento holístico reintegrador como antídoto para a divisão gerada pela ciência moderna.

Neste paradigma, chamado de emergente, urgente no seu chamado à reflexão, Santos (2010) afirma que o conhecimento é total, mas sendo total é também local. A fragmentação pós-moderna não é disciplinar e sim temática, onde os temas são galerias por onde os conhecimentos progridem ao encontro uns dos outros. Segue dizendo ainda que a ciência deve ser tradutora, pois incentiva os conceitos e as teorias desenvolvidos localmente a emigrarem para outros lugares cognitivos. Por fim, alerta que o modelo da racionalidade científica atravessa uma profunda e irreversível crise, resultante de uma pluralidade de condições.

Observando-se então, a interdependência entre linearidade e sistemicidade, modela-se a complexidade. Uma percepção que “deve operar a rotação da parte ao todo, do todo à parte, do molecular ao molar, do molar ao molecular, do objeto ao sujeito, do sujeito ao objeto” (MORIN, 2001, p. 433).

Temos, portanto, que reconhecer um estatuto específico para as ciências da educação, em virtude da multiplicidade de domínios, uns científicos, (e de diversos tipos de ciências) e outros não, que concorrem para a educação, e que, na perspectiva educativa, e em função dela, se articulam, ou terão que se articular (BOAVIDA, 2007). É neste sentido que Zabala (2010) reafirma que os conteúdos se apresentam em classe de forma isolada, perdendo a potencialidade de uso e compreensão, que teriam se estivessem devidamente relacionados, numa organização que o autor denomina sincrética e globalizada.

O pensamento sistêmico- complexo permite visualizações verticais e horizontais do todo, aprofundando-se e estendendo-se ao longo do conhecimento. Conceitos como morte e vida, devem ser analisados de forma processual e, sobretudo, quanto às suas relações:

De todo modo, viver é, sem cessar, morrer e se rejuvenescer. Ou seja, vivemos da morte de nossas células, como uma sociedade vive da morte de seus indivíduos, o que lhe permite rejuvenescer. Mas à força de rejuvenescer, envelhecemos e o processo de rejuvenescimento desanda, se desequilibra e, efetivamente, vive-se de morte, morre-se de vida (MORIN, 2007, p. 63).

Não podemos ficar cristalizados em ideias ultrapassadas ou pensamentos únicos, temos de superar os entraves que nos encarceram em práticas reducionistas. Um dos caminhos para isto é o diálogo entre os tipos de conhecimento que assegure o pluralismo de pontos de vista, no intuito de dar conta de uma realidade que não pode ser visualizada com um olhar único, dada a sua complexidade, nem por um olhar estático, dada a sua dinâmica. Não cabe mais e nunca coube um pensamento reducionista, fragmentado e linear (ALMEIDA et al., 2006).

Em genética, por exemplo, o pensamento sistêmico-complexo é pulsante, em todos os seus processos inter-relacionados, pois os seus conceitos abordam aspectos relacionados à manutenção e perpetuação das espécies, como indica Pereira (2008), numa relação estreita entre o macro e o microuniverso, a exemplo dos alelos, genes, expressões, supressões, genótipo, DNA, RNA, características dominantes e recessivas, fenótipo, e, ainda, conceitos articulados a hereditariedade e probabilidade, entre outros.

Essa ótica sistêmico-complexa nos garante maior sensibilidade para a percepção do micro ao macro, do objeto ao sujeito, do ser ao saber, do ontem e do porvir, da essência e da aparência. Contradições que se completam e que se unem, e ao unir-se promovem a compreensão. Estamos vivendo e promovendo a ruptura do paradigma, que segundo Behrens (2013), é decorrente da existência de um conjunto de problemas, para os quais os pressupostos vigentes da ciência não conseguem soluções.

Enquanto isto, concordamos com as palavras de Machado (2004), ao dizer que estamos no mar da complexidade à procura de uma pequena ilha para recuperar o fôlego.

1. 6 O Modelo das Múltiplas Perspectivas – PE (MoMuP-PE) e a construção de conceitos

Ao observarmos afirmações como a de Machado (2004), de que a maioria dos estudantes não domina os conceitos fundamentais de seus cursos, numa deficiência estimulada pela ausência de diálogo na sala de aula, perguntamo-nos uma alternativa para viabilizar a construção de conceitos científicos.

Como possível resposta, dentre as diversas propostas teórico-metodológicas de ensino-aprendizagem, uma se destaca em consonância com o paradigma sistêmico – complexo: o Modelo das Múltiplas Perspectivas – PE (MoMuP-PE). O percurso de sua elaboração e atual execução exige que retomemos o olhar para as bases teóricas nas quais se amparou – ainda que atualmente se estruture como uma corrente epistemológica mais autônoma. Baseia-se inicialmente nos pressupostos construtivistas da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), surgida nos anos 1980 através de Rand Spiro e colaboradores, ao constatarem que alunos do curso de medicina apresentavam dificuldades em transferir o conhecimento formal para novas situações. Em outras palavras, quando esses estudantes se deparavam com situações clínicas diferentes das que conheciam, falhavam em articular os elementos necessários ao diagnóstico. Os desdobramentos dessa dificuldade eram os encaminhamentos equivocados no tratamento e prognóstico desses pacientes, caracterizada por conhecimento complexo e pouco estruturado (SPIRO et al., 1987; 1991; SPIRO; JEHNG, 1990; CARVALHO, 2011).

Assim, este conhecimento foi caracterizado como um domínio complexo³ e pouco estruturado (*ill-structured knowledge domains*). Segundo Rezende e Cola (2004), apresentam as seguintes propriedades: cada caso ou exemplo de aplicação de um conhecimento envolve tipicamente a participação interativa e simultânea das estruturas conceituais de ampla aplicação – várias perspectivas do conceito como um todo – e aquelas de aplicação específica para aquele exemplo, ou seja, envolve o conceito como um todo e a complexidade específica daquele caso; o teste padrão das interações conceituais varia substancialmente através dos casos do mesmo tipo, o que vai determinar o quanto o domínio é irregular.

Em domínios pouco-estruturados, um conceito amplo deveria ser abordado através de vários casos e exemplos, analisado a partir da interação entre o conjunto de

³ Ressaltamos aqui que o termo “complexo”, neste contexto, não recebe a mesma conotação que o termo recebe no Paradigma da Complexidade.

perspectivas sobre aquele conceito e as contingências específicas daquele caso ou exemplo (REZENDE e COLA, 2004). A partir desses pressupostos, Silva (2011) define a flexibilidade como uma ação interna (intrapsicológica) onde o conhecimento adquirido pelo sujeito é articulado de tal maneira que seja capaz de solucionar, inferir, refutar ou mesmo modificar seu ponto de vista, sob diferentes domínios, fazendo uso de um único conceito, sem que para isso haja um pedido explícito. Assim, a flexibilidade cognitiva caracteriza-se pela habilidade do sujeito em aplicar um mesmo conceito em diferentes situações, resolvendo, desta maneira, problemas diferentes, mas com um fim previsto: a mobilização deste único conceito.

O desenvolvimento da flexibilidade cognitiva requer múltiplas representações do conhecimento, para que se favoreça a construção do conhecimento para novas situações impostas pelo cotidiano do aprendiz (SPIRO e JEHNG, 1990). Carvalho (2000) ainda completa que a flexibilidade cognitiva é a capacidade que o sujeito tem de, perante uma situação problemática, reestruturar o conhecimento para resolver o problema.

A aquisição de conhecimento, por sua vez, é dividida em três níveis sequenciais, segundo Spiro et al., (1988), denominados de nível de iniciação, nível avançado e nível de especialização. É no nível avançado que o estudante aprofunda o conhecimento, compreendendo a complexidade dos conceitos para a devida aplicação flexível em diferentes contextos.

Rezende e Cola (2004) indicam como um aspecto comum das deficiências encontradas na construção dos conceitos o excesso de simplificação das estratégias de aprendizagem. Esse aspecto pode se manifestar quando características de entidades complexas estudadas isoladamente são mantidas ao serem reintegradas ao todo e quando elementos conceituais que atuam na realidade de maneira interdependente são tratados separadamente, deixando de fora aspectos importantes de sua interação.

Esse comportamento dentro da TFC é denominado enviesamento redutor, uma tendência para reduzir aspectos importantes da complexidade. Um exemplo no universo da BCM, dado por Cardoso *et al.* (2012), é o estudo do controle da glicemia restringido apenas à ação hormonal, o que configura uma simplificação recorrente entre autores e professores. Segundo as autoras, esse enviesamento redutor simplifica uma estrutura complexa e irregular porque trata como independentes os componentes que interagem entre si.

Devido a essas nuances do processo de ensino e aprendizagem, Fávero e Tauchen ressaltam que:

Os princípios do pensamento complexo contribuem para ventilar e introduzir outros elementos a nossa formação do tipo disciplinar, promovendo mudanças nas concepções e conceitos, pois no momento em que mudamos um conceito, outros correlacionados, também serão alterados, reestruturando os sistemas de pensamento. E, quando percebermos que “nenhuma das duas (partes) era totalmente bela”, carecendo optar, optemos pelo que está entre, através e além das partes, além do paradigma da simplificação (Fávero e Tauchen, 2013, p. 191).

Para que os estudantes desenvolvam habilidades de processamento cognitivamente flexíveis e adquiram estruturas de conhecimento que podem apoiar esse processamento, são necessários ambientes de aprendizagem flexíveis que apresentem os mesmos itens de conhecimento em uma variedade de meios e segundo uma variedade de propósitos, de acordo com sua natureza complexa e irregular (CARVALHO, 2000; 2008; REZENDE e COLA, 2004).

Rezende e Cola (2004) apontam ainda que a relação entre a flexibilidade cognitiva e o conceito de complexidade está dada desde os pressupostos da TFC, por serem os mesmos dirigidos à aprendizagem avançada em domínios do conhecimento que abordam conceitos e situações complexas e contextualizadas. Apesar de seus autores não terem considerado a questão da interdisciplinaridade como um dos aspectos da complexidade, as ideias de Morin não deixam dúvida de que estes conceitos estão diretamente relacionados na medida em que não há como conhecer o fenômeno complexo se as disciplinas são tratadas isoladamente.

Desse modo, promover o ensino pautado em princípios da TFC é “criar situações que possibilitem desconstruções daqueles conceitos já incorporados à estrutura cognitiva do sujeito, com o objetivo de suscitar uma reconstrução” (SILVA, 2011, p. 33), conseqüentes do aprofundamento conceitual.

Sendo possível, assim, atravessar um conceito em distintas direções, processo este denominado pelos autores de travessia de paisagem em várias direções (SPIRO et al., 1987 apud CARVALHO, 2000; 2011). Uma metáfora, emprestada dos trabalhos de Wittgenstein (1987) e lapidada por Spiro e Jehng (1990), onde a paisagem - sinônimo de conhecimento - só é profundamente compreendida quando atravessada em várias direções.

Essas travessias temáticas são possibilitadas, nas palavras de Cardoso *et al.* (2012), ao estudar um determinado conteúdo devemos analisar o mesmo tópico em diferentes ângulos e contextos. Desse modo, se permitem aproximações de situações diferentes e a percepção de diferenças entre situações aparentemente idênticas.

Retomando ainda a discussão sobre a fragmentação dos saberes, podemos visualizar a emergência da perspectiva sistêmico-complexa como uma alternativa “para romper com a descontinuidade educacional, visando à articulação e contextualização, focalizando na compreensão do todo interligado e não apenas das partes” (ANDRADE-MONTEIRO, 2016, p.39). Essa alternativa tem sido materializada e executada a partir do Modelo das Múltiplas Perspectivas-PE.

Suas bases teórico-metodológicas foram ainda herdadas do MoMuP (Modelo das Múltiplas Perspectivas), desenvolvido por Carvalho (2007; 2011) a partir de alguns pressupostos da TFC, cuja ênfase se dá na complexidade do mundo real. Ambos partem da ideia de desenvolvimento da flexibilidade cognitiva. Contudo, é necessário que os estudantes concebam o conhecimento de forma não linear, complexa e articulada, aplicando-o de maneira multimodal e em contextos variados. Assim, o objetivo do processo ensino-aprendizagem passa a ser o domínio da complexidade, seja quanto à natureza dos conceitos envolvidos ou relacionado à perspectiva paradigmática de Ciência (FELTOVICH, SPIRO e COULSON, 1989; PESSOA e NOGUEIRA, 2009).

O quadro 3 representa os princípios básicos para a aprendizagem em domínios complexos, segundo a TFC.

Quadro 3: Princípios necessários a aprendizagem de conceitos complexos

1	Prevenir a simplificação exagerada
2	Utilizar múltiplas representações sobre o tema
3	Centrar o estudo no caso
4	Enfatizar o conhecimento conceitual como conhecimento em uso
5	Mobilizar o conceito para situações diversas
6	Promover múltiplas conexões entre os conceitos
7	Participação ativa da pessoa que aprende

Fonte: Elaborado a partir de Spiro et al. (1988)

A essência da TFC é aprender de modo a considerar as múltiplas situações em que um conceito abordado está aplicado. Assim, aprender numa vertente flexível se configura em compreender que conceitos não são estáticos, dependendo diretamente do contexto e da situação em que são observados. Passíveis ainda de transposição para contextos múltiplos (PESSOA e NOGUEIRA, 2009; SOUZA, 2015). Originam-se assim, as travessias temáticas, com a escolha de um ou mais temas presentes em Minicasos diferentes. Aprende-se quando se atravessa um conhecimento em várias direções (CARVALHO, 2007).

No entanto, em sua tese de doutorado, Brayner-Lopes (2015) ao observar a necessidade do olhar paradigmático, que permeia a formação de docentes universitários, numa perspectiva inovadora e a articulação de conceitos da Biologia, na perspectiva do sistêmico-complexo - que valoriza a reelaboração articulada das partes para a compreensão do todo, adaptou essa abordagem metodológica em MoMuP-PE, pautada na natureza dos conceitos e no grupo dos participantes, apresentando nova organização do raciocínio, que permite elaborações conceituais mais detalhadas. Estas elaborações permitem novas relações conceituais, facilitando as articulações, o aprofundamento e a verticalização conceitual para a compreensão do fenômeno em um contexto mais amplo (COUTO et al. 2014).

Essa adaptação surge também com o trabalho de Macêdo (2014), que vislumbra algumas modificações necessárias ao MoMuP, a fim de proporcionar a construção de conceitos sistêmico-complexos. Principalmente o seu modo de aplicação, que da forma originalmente *on line*, passa a ser presencial. O esquema 4 ilustra as principais diferenças entre ambos os pressupostos metodológicos.

Esquema 4: Diferenças entre o MoMuP e o MoMuP adaptado

MoMuP (CARVALHO, 2011)		MoMuP Adaptado	
APLICAÇÃO A distância	DIFERENÇAS	APLICAÇÃO Presencial	
PAPEL DO PROFESSOR Elaborar e disponibilizar o Caso na íntegra – excertos de revistas, livros, reportagens, textos escritos, áudio ou vídeo; Elaborar os comentários temáticos; Orientar o(s) percursos temáticos Apoiar a reflexão temática por parte dos estudantes		PAPEL DO PROFESSOR Elaborar e disponibilizar o Caso na íntegra – excertos de revistas, livros, reportagens, textos escritos, áudio ou vídeo; Identificar, organizar e articular os comentários temáticos; Apoiar a travessia e a reflexão temática por parte dos estudantes.	
PAPEL DO ALUNO Percorrer os Comentários temáticos.		PAPEL DO ALUNO Ativo na desconstrução; Identificar os temas e propor comentários temáticos; Interagir com seus pares e com o professor no interesse da articulação sistêmica dos temas/ comentários temáticos; Buscar a reconstrução dos <i>mini casos</i> .	

Fonte: (Macêdo, 2014, p. 53)

Andrade-Monteiro (2016) ainda reafirma que no MoMuP-PE o professor incorporou o papel de mediador do saber e ao aluno foi disponibilizada uma participação mais ativa no processo de Desconstrução e Reconstrução do Caso.

O MoMuP-PE trabalha com um único Caso, o qual pode ser decomposto em unidades menores: os Minicase. Estes, por sua vez, exploram aspectos particulares do caso, viabilizando sua elucidação. Ao longo da elucidação, Brayner-Lopes (2015) aponta dois processos, a Desconstrução orientada e reflexiva objetivando um aprofundamento conceitual na perspectiva sistêmico-complexa e a Reconstrução paradigmática e articulada como reelaboração das articulações presentes no conceito.

O processo de Desconstrução tem por finalidade promover uma compreensão verticalizada e profunda dos assuntos envolvidos no Caso de estudo, enquanto o processo de Reconstrução é o momento em que o conhecimento reelaborado deve ser aplicado flexivelmente a diferentes contextos (SOUZA, 2015). Os Comentários Temáticos e as Travessias Temáticas se configuram, portanto, como um fenômeno presente em todos os momentos ao longo da Desconstrução e da Reconstrução, no processo MoMuP-PE.

Silva et al. (2017) ainda sistematiza que a desconstrução compreende um aprofundamento conceitual na perspectiva sistêmico-complexa através da construção de um esquema conceitual individual a partir de um grupo de palavras. A reconstrução

consiste na reelaboração das articulações conceituais que podem ocorrer por meio da construção de esquemas conceituais coletivos. Os autores afirmam que essa estratégia teórico-metodológica permite o aprofundamento e articulação dos conceitos complexos e abstratos.

Sá (2017) trabalha na perspectiva de analisar o MoMuP-PE sob a luz dos fundamentos teóricos capazes de elucidar os mecanismos necessários à aprendizagem de conceitos de natureza sistêmico-complexa. Para tal analisa o Modelo em suas etapas processuais, observando se o mesmo configura uma BOA (Base de Orientação da Atividade) desenvolvida por Galperin, considerando outros estudos teóricos da Escola de Psicologia Soviética. As travessias temáticas são conexões individuais baseadas no percurso conceitual do aprendiz na perspectiva de relações articuladas - e não conexões de fragmentos do caso – pois, na perspectiva da Biologia sistêmico-complexa, não há caso fragmentado e sim desconstruído para ser reconstruído de forma mais articulada e ressignificada (BRAYNER-LOPES, 2015; SÁ, 2017).

Destaca também adaptações ao minicaso, como uma concatenação completa e interdependente do caso, dimensionalmente menor, porém, não necessariamente composto por segmentos sequenciais. Haja vista que “não há obrigatoriedade de hierarquia, ou seja, o fato de ter uma dimensão menor que um caso, não o obriga a ser um segmento sequencial” (SÁ, 2017, p. 86). O Quadro 04 apresenta os elementos constituintes do MOMUP-PE adaptados a partir do MoMuP.

Quadro 4 - Adaptações do MoMuP-PE a partir do MoMuP

MOMUP/TFC	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	MOMUP-PE
Constitui uma unidade complexa e plurissignificativa que pode ser representado por um filme, capítulo de um livro e, principalmente, por acontecimentos concretos do mundo real.	CASO	Constitui uma unidade complexa representada por acontecimentos concretos do mundo real, que pode ser contextualizado por um filme, capítulo de um livro, tirinhas, vídeos, imagens, etc.
São segmentos sequenciais de um caso, auxiliando para que seja possível aproveitar o máximo dos aspectos importantes do caso em análise.	MINI CASO	São concatenações completas e interdependentes de um caso que auxiliam no reconhecimento e aprofundamento de aspectos importantes de sua análise.
Apresentam o conhecimento considerado relevante para interpretar de forma mais concreta os Minicase, para a compreensão aprofundada do caso.	TEMA / PERSPECTIVA	Representam conjunto de conceitos relacionados para interpretar o caso.
Explica como os temas gerais se aplicam a cada Minicase. Deve ser redigido a partir de cada um dos temas propostos.	COMENTÁRIO TEMÁTICO	Organização paradigmática de conteúdo, em forma de afirmação, negação ou interrogação, que visam a explicitar o tema e que podem se materializar em textos verbais e não-verbais.
Conexões que devem ser estabelecidas ao longo dos fragmentos dos casos decompostos e discutidas em fóruns.	TRAVESSIA TEMÁTICA	Conexões individuais baseadas em crenças e saberes que orientam/embasam a perspectiva de relações e a organização paradigmática de conteúdo.

Fonte: Brayner-Lopes, 2015

A esse esquema Sá (2017) acrescenta a ressignificação do caso como sendo uma etapa no processo de construção de significados. A autora explica que o MoMuP-PE se destina a desenvolver conceitos, ao fim dos estudos o estudante deverá apresentar novas habilidades e aquisição de novas qualidades nos conhecimentos estudados, independente do nível de desenvolvimento conceitual em que se encontra. O caso ressignificado representa dar novo significado a contextos, isso a partir da ampliação da visão de mundo.

Após as explicitações sobre os pressupostos teórico-metodológicos do MoMuP-PE, passaremos a discorrer sobre o percurso metodológico desta dissertação, que se fixará sob os minicase e as travessias temáticas, a fim de complementar a análise minuciosa realizada por Sá (2017) dos outros elementos do MoMuP-PE em sua tese.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

O ideal não é uma vida confortável. A única coisa para a qual vale a pena viver é o dom de si aos outros.

Louis Pasteur

Alves (1991) aponta que caracterizar a pesquisa qualitativa não é tarefa fácil devido à variedade de terminologias a ela conferida, como naturalista, pós-positivista, antropológica, fenomenológica, ou ainda, construtivista. Há ainda, o frequente inconveniente de sugerir uma falsa oposição entre o qualitativo e o quantitativo, que deve, de início ser descartada pois não se trata de exclusividade, mas de ênfase.

Para isso, relembremos Patton (1986) que norteava três princípios para a pesquisa qualitativa: visão holística, abordagem indutiva e investigação naturalística. Por visão holística entende-se que a compreensão de um significado ou evento se dará em função da compreensão de inter-relações que se dão entre determinados contextos. A abordagem indutiva se refere àquela em que o pesquisador parte de observações mais livres, aguardando que categorias emergjam paulatinamente durante a coleta e registro dos dados. E por fim, a investigação naturalística é aquela em que se procura reduzir ao máximo a intervenção do pesquisador no contexto da pesquisa.

Em uma abordagem qualitativa, o pesquisador coloca interrogações que são gradualmente discutidas durante o próprio curso da investigação. Ele formula e reformula hipóteses, tentando compreender as mediações e correlações entre os múltiplos objetos de reflexão e análise. Assim, as hipóteses deixam de ter um papel comprobatório para servir de balizas no confronto com a realidade estudada (SUASSUNA, 2008). Em uma pesquisa deste cunho, segundo Luna (2000), a escolha da técnica de análise tem a ver com a formulação do problema a ser investigado. Desse modo, o pressuposto teórico deve tanto sugerir perguntas como indicar possibilidades de interpretação, servindo de referencial para os resultados que vão ser observados.

Seguiremos então, uma abordagem qualitativa pois esta permite, segundo Gressler (2004), a interação do pesquisador com o que está sendo pesquisado, num processo indutivo e simultâneo através de uma realidade subjetiva e múltipla. Em concordância com Minayo (2009), esta abordagem responde a questões muito particulares, em um nível de realidade que não pode ser quantificado, pois trata do universo dos valores, significados, motivos, aspirações, crenças e atitudes; e permite que, nas palavras de Malinowski (1984), corpo e sangue real componham o esqueleto das construções abstratas.

2.1 Contexto, sujeitos e abordagem da pesquisa

O presente estudo surgiu a partir de uma pesquisa de doutorado realizada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (SÁ, 2017). Assumimos assim, a proposta de alargar a análise de alguns momentos vivenciados pelos sujeitos de pesquisa durante o desenvolvimento da tese. Sob este olhar, percorremos um caminho metodológico que buscou analisar as construções argumentativas dos participantes e suas relações entre as concepções paradigmáticas e os níveis biológicos.

A proposta teórico-metodológica para a execução dessa pesquisa foi desenvolvida a partir do Modelo das Múltiplas Perspectivas – Pernambuco (MoMuP-PE), desenvolvido por Brayner-Lopes (2015), fundamentado no MoMuP e em alguns pressupostos teóricos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC). Em adição, este trabalho se configura como uma vertente de análise dos dados advindos do contexto de estudo desenvolvido por Sá (2017) na elaboração de sua tese. A autora utiliza como alicerce os pressupostos teórico-metodológicos do MoMuP-PE sob a perspectiva sistêmico-complexa a fim de compreender como se dá a construção de conceitos articulados à Teoria Histórico-Cultural (THC).

Ressaltando que o pesquisador teve contato com os dados da pesquisa em momento posterior às interações que lhes deram origem, essa dissertação se caracteriza também como uma pesquisa *ex-post-facto*⁴. Inicialmente, realizou-se a leitura dialogada da tese com sua autora, buscando os eixos conectivos com os objetivos desta dissertação e ainda lacunas do processo investigativo, advindas de dados não analisados. Foram utilizados então esses dados sob os quais Sá (2017) não havia se debruçado em seu trabalho e que apresentavam possibilidade de resposta para os objetivos propostos na Introdução, a fim de contribuir com a completude do processo de investigação do qual esta dissertação faz parte.

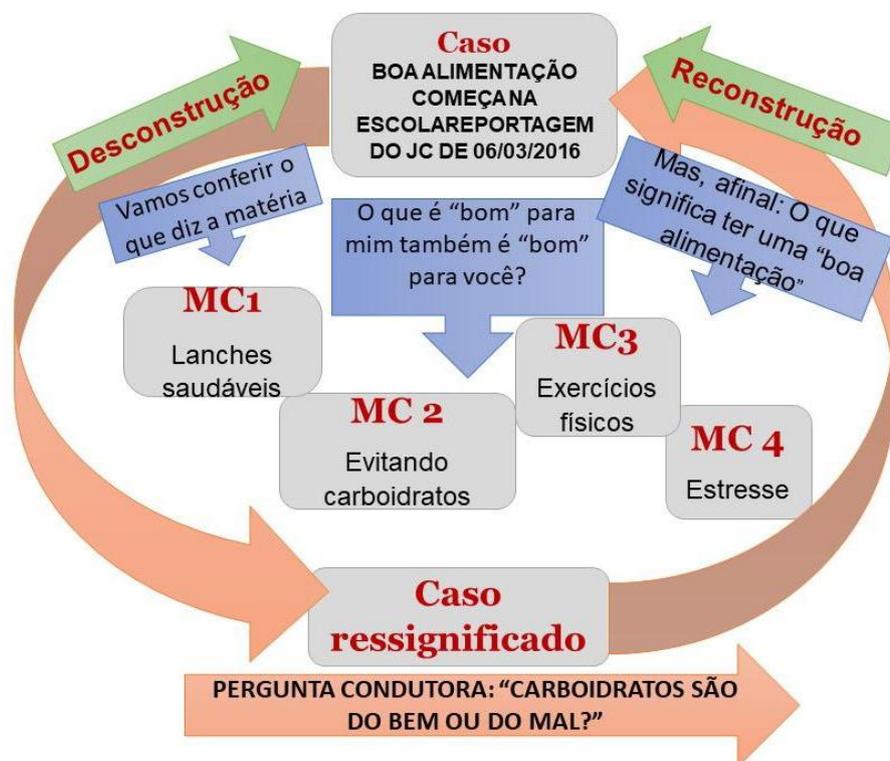
Para a investigação da construção de conceitos, foi proposta uma atividade com abordagem sistêmico-complexa para os discentes a partir da aplicação do MoMuP-PE, a fim de analisarmos como se dá a construção dos conceitos nesta perspectiva. Essa análise, ao longo da tese de Sá (2017) esteve pautada na Escola de Psicologia soviética considerando os momentos do MoMuP-PE. Neste trabalho de

⁴ Cuja tradução literal significa “a partir de depois do fato” (SANTOS, 2007, p. 32). Este pesquisador teve contato com o contexto trabalhado na tese, com a qual compartilha os dados, após a efetivação do processo. Portanto, as atividades foram desenvolvidas sem a sua participação.

mestrado, utilizamos o MoMuP-PE, através da análise da (re) construção dos conceitos, que faz parte do processo de construção conceitual. Nesse sentido, enfocamos a temática “Metabolismo de Carboidratos” abordada durante a disciplina e acompanhada também na tese supracitada.

A intervenção da professora responsável pela disciplina contemplou o planejamento e execução a partir da aplicação do Modelo das Múltiplas Perspectivas Pernambuco (MoMuP – PE). A partir dessa intervenção, foi possível acompanhar as atividades propostas e como se deu a construção dos conceitos por parte dos estudantes. Para isso, analisamos o plano de observação das aulas ministradas pela docente ao longo do semestre letivo e observadas na tese de Sá (2017). A partir disso, delineamos um foco mais preciso entre o extenso *corpus* de dados, restringindo-nos aos esquemas conceituais produzidos pelos estudantes, que figuram como sujeitos de pesquisa para esta dissertação, ao explicitar como o paradigma de ciência pode se refletir na construção de conceitos. Em síntese, os dados obtidos para a análise foram recolhidos das produções dos estudantes advindas da realização do MoMuP-PE, aplicado pela docente da disciplina.

Esquema 5. Dinâmica de execução do MoMuP-PE ao longo da tese de Sá (2017)



Fonte: Elaborado por Sá (2017)

O Caso apresentado durante a disciplina foi uma reportagem retirada do Jornal do Comércio (JC) e versava sobre a adesão de algumas escolas às boas práticas de alimentação⁵. Sá (2017) acompanha toda a execução das etapas envolvidas no processo do MoMuP-PE a partir da pergunta condutora. Destaca em sua análise os comentários temáticos disponibilizados pela professora aos estudantes e as produções argumentativas textuais destes últimos.

A fim de alcançar os objetivos propostos para a investigação do mestrado (relações entre as concepções paradigmáticas, níveis biológicos e construção de conceitos), delineamos um recorte a partir da investigação de Sá (2017), focado nos minicase e travessias temáticas.

Foram sujeitos da pesquisa de doutorado, trinta estudantes matriculados (em grupos que se mantiveram ao longo da disciplina), durante o semestre letivo de 2016.1, em uma disciplina obrigatória intitulada Bioquímica dos Sistemas (código 07228). A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) oferece, semestralmente, aos estudantes do 2º período do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, a referida disciplina. Sua escolha para a pesquisa se justificou pela possibilidade de acompanhamento da construção de conceitos numa perspectiva sistêmico - complexa, haja vista que os conteúdos ministrados envolvem ligações diretas com a BCM (Biologia Celular Molecular), ou mesmo com outras áreas de conhecimento, como a Química, a Genética Molecular e a Biofísica. Além disso, a escolha por uma turma de Licenciatura é justificada pela escassez de trabalhos que contribuam, no tocante à formação inicial de professores, com o estudo dos mecanismos responsáveis pela construção de conceitos abstratos.

Todos os estudantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

2.2 Instrumentos da pesquisa

Já orientavam Dessen e Borges (1998) que a utilização de mais de um recurso permite o desenvolvimento de pesquisas estruturadas, uma coleta de dados mais abrangente, favorecendo a compreensão do fenômeno estudado e, conseqüentemente,

⁵ Boa alimentação começa na escola – Hábito alimentar:
Escolas estão aderindo à proposta de oferecer refeições naturais e ensinar os benefícios de uma boa alimentação.

uma maior diversidade e riqueza de informações. Neste sentido, os instrumentos utilizados por Sá (2017) foram questionário *on line*, observações registradas em diário de campo e material produzido (esquemas conceituais, textos dissertativos e questionários).

Para alcançar um *corpus* variado para a pesquisa, revisitamos os dados obtidos por meio dos instrumentos de coleta utilizados a partir da tese de Sá (2017). A fim de contribuir com a análise do **todo** a partir das **partes**.

Para a tese, **o todo**, a investigação girava em torno do processo de construção de conceitos sistêmico-complexos de Biologia a partir da utilização do MoMuP-PE e os pressupostos da THC. Nesta dissertação, uma das **partes**, buscamos também analisar as concepções (ou impressões) paradigmáticas dos discentes e suas consequentes transições entre os níveis de organização biológica, nas produções discursivas dos esquemas conceituais ao longo da construção de conceitos sistêmico-complexos em Biologia.

2.2.1 Questionário utilizado após recorte

Para a caracterização de um perfil sociocultural – e não cognitivo - dos sujeitos de pesquisa, Sá (2017) elaborou um questionário *on line* na plataforma *Google Formulário*⁶, haja vista que sua tese se amparava na escola de Psicologia Soviética e suas análises a partir da teoria semiolinguística de Patrick Charaudeau, por isso precisava construir uma identidade para os estudantes. Para nossos objetivos, no entanto, as respostas do questionário foram analisadas na tentativa de identificar quais as impressões paradigmáticas (ou concepções de natureza da Ciência) compartilhados pelos discentes em sua formação, bem como suas percepções da Biologia como Ciência. E ainda, conhecer em que tipos de atividades os licenciandos em Biologia se inserem, além das aulas propriamente ditas.

⁶<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIporqueLSdomOwEBWfxRjI4ZCYi5hU90DmrC7Qt3ZJ5fzGRnslQmMXfkA/viewform>

Quadro 5. Parte do questionário aplicado aos estudantes

QUESTÃO	DESCRIÇÃO
10	Enquanto licenciando de Biologia, quais as possíveis dificuldades que você identifica no ensino de Biologia?
11	O que você destaca como importante no planejamento da prática pedagógica, no ensino de Biologia?
12	O que deve ser importante num curso de Licenciatura que possa contribuir num melhor desempenho enquanto professor de Biologia?
13	Numa construção de uma proposta de um plano de aula, o que você considera como importante para se trabalhar os conceitos na área de Biologia?
14	O que você gostaria de aprofundar mais no seu Curso de Licenciatura?
15	Em relação ao ensino de conceitos de Biologia, que temas você destaca para um melhor aprofundamento? Por que?

Fonte: Sá, 2017⁷

Para esta dissertação, o foco da análise dirigiu-se para as respostas obtidas nas questões 10 a 15 (Quadro 5), das quais pode-se contemplar o eixo norteador das impressões paradigmáticas dos estudantes.

2.2.2 Observação das aulas

As observações das aulas ministradas na disciplina de Bioquímica dos Sistemas foram realizadas por Sá (2017) durante o desenvolvimento de sua tese. Totalizaram vinte e um encontros de duas horas/aula, cada. Para o tema abordado neste estudo destacamos as aulas apresentadas no quadro 6, totalizando dezesseis horas ao longo do semestre.

⁷ Parte do questionário elaborado por Sá (2017): CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DA BIOLOGIA NA PERSPECTIVA SISTÊMICO-COMPLEXA A PARTIR DO MoMuP-PE, ARTICULADO À TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Quadro 6. Descrições das aulas observadas

Data	Aula	Material trabalhado
17/03/2016	1) Introdução ao Metabolismo	Texto
22/03/2016	2) Regulação do metabolismo e Sinalização celular	Roteiro de trabalho
29/03/2016	3) Metabolismo dos Carboidratos	Transparência Aula expositiva
31/03/2016	4) Cadeia transportadora de elétrons	Esquemas Slides Aula expositiva
28/04/2016	5) Metabolismo de lipídios	Esquemas Slides Aula expositiva
03/05/2016	6) Metabolismo de lipídios	Construção coletiva de esquemas
12/05/2016	7) Metabolismo energético	Construção coletiva de esquemas
14/06/2016	8) Retomada de conteúdo	Esquemas com todas as reações metabólicas Imagens Transparências Resgate de informações

Fonte: Arquivos pessoais da tese de Risonilta de Sá

As observações permitem acompanhar a forma como se abordam os conceitos em Biologia Celular e Molecular e as interações entre os pares, principalmente com relação ao modo como os estudantes constroem coletivamente os conceitos. Entonações, gestos e posturas foram também registrados por Sá (2017) no diário de campo, além de registro em áudio e/ou vídeo. No entanto, para esta dissertação não utilizaremos tais registros, pois para o recorte adotado (minicasos e travessias temáticas) não foram realizadas audiograções.

2.2.3 Elaboração de esquemas conceituais

Nesta fase, após os estudantes acompanharem as aulas introdutórias (Quadro 6) e a consequente apresentação dos passos metodológicos do MoMuP – PE, foram convidados a elaborar, em grupos de cinco a seis integrantes, um esquema em *parking*

lot que respondesse ao seguinte questionamento: “Como e em que condições o organismo recorre à cetogênese como um possível combustível metabólico? ”. Este primeiro esquema esteve ligado à aula “06 – Metabolismo de Lipídios”, sobre a qual nos debruçamos para avaliar as travessias temáticas realizadas pelos estudantes, durante o MoMuP – PE.

Em um segundo momento, a construção coletiva de esquemas foi mais uma vez solicitada, neste caso, após a aula “08 – Retomada de conteúdo”, a partir da qual os discentes tiveram a oportunidade de integralizar os minicasos vivenciados durante a disciplina.

Os estudantes foram motivados à elaboração de esquemas que assumissem uma visão não hierarquizada, em atendimento à uma proposta sistêmico-complexa, que viabiliza novas relações conceituais, mesmo de conceitos que primariamente não se concebiam relacionados (BRAYNER-LOPES, 2015; SÁ, 2017).

Novak e Cañas (2010) repaginam sua proposta de mapas conceituais, através do modelo em *parking lot*, permitindo então, a articulação entre os conceitos e a movimentação entre estes, sem, contudo, perder o elo com o todo, através do processo de junção e separação.

Macêdo (2014) explica que o esquema conceitual em *parking lot* (ECPL) também salienta a importância da construção de esquemas conceituais para as pesquisas sob a perspectiva sistêmico-complexa, ao estabelecer princípios norteadores para essa construção, entre eles o desenvolvimento de esquemas flexíveis, permitindo aos participantes que escolham termos e conceitos pelos quais desejam iniciar a sua construção, sem hierarquização obrigatória entre termos e conceitos mais importantes ou menos importantes para a compreensão do tema.

Em síntese, a escolha do *parking lot* permite ainda que o docente disponibilize uma lista de conceitos que funcionem como ponto de partida para a construção do esquema conceitual oportunizando *insights* ao docente quanto aos conceitos e imagens que os participantes possuem maior e/ou menor dificuldade de incluir, relacionar e articular no esquema (NOVAK; CAÑAS, 2010; MACÊDO, 2014).

Sá (2017) caracteriza o *parking lot* como sendo um elemento de orientação na construção das ideias, facilitando as possíveis articulações conceituais, importante nos processos de desconstrução, reconstrução e travessias temáticas no MoMup-PE.

2.3 Análise Semiollingística do Discurso

Esta etapa foi subdividida (1) na análise das impressões primeiras dos discentes sobre o curso de Licenciatura em Biologia e (2) na análise dos materiais elaborados pelos discentes em algumas fases da aplicação do MoMuP-PE. Ancorando-se todas as fases nos pressupostos teórico-metodológicos da ASD (Análise Semiollingística do Discurso), proposta por Charaudeau (1995).

A ASD como arcabouço teórico-metodológico, segundo Corrêa-Rosado (2014), não busca apenas a análise lingüística do texto em si ou uma análise sociológica e/ou psicológica do respectivo contexto, mas sim a compreensão da questão da imagem de si, o *ethos* retórico. No qual, nas circunstâncias do discurso, o sujeito que interpreta cria hipóteses sobre o saber do sujeito que enuncia, sobre o ponto de vista deste último em relação ao dito e em relação ao que ele acha que o seu sujeito destinatário sabe sobre o dito.

Charaudeau (2007; 2008) define discurso como um objeto resultante da amálgama da percepção do mundo, da linguagem e ainda, da interação social, imbricando-se assim aos imaginários sociodiscursivos de uma coletividade, relacionados aos diferentes modos de apreender o mundo, que circulam sob a forma de conhecimentos no meio social. Indica ainda que este discurso não deve ser entendido apenas como expressão verbal da linguagem, dada a sua manifestação em variados códigos semióticos.

Dado que a pesquisa se deu numa sala de aula, com todas as possíveis interações existentes neste tipo de ambiente, a ASD se apresenta como um plausível caminho metodológico, a partir do momento em que o discurso dos sujeitos possui uma dimensão coletiva. Machado (2001), relembra que, como ser social, o homem repete discursos pré-construídos. Como ser individual, expressa sua subjetividade. Neste trabalho, focaremos em um discurso com suas vertentes de manifestação coletiva, através dos seus processos de produção e recepção.

Analisar quais argumentos foram utilizados e quais concepções estavam implícitas nos posicionamentos permitirá observar como os conceitos foram mobilizados para a explicação dos fenômenos, assim como as articulações propostas e as concepções paradigmáticas subjacentes à fala discente. Nesse sentido, nossa proposta implica na análise do discurso dos participantes de pesquisa reconhecendo-os como seres sociais, imbuídos de uma identidade única, de conceitos e concepções

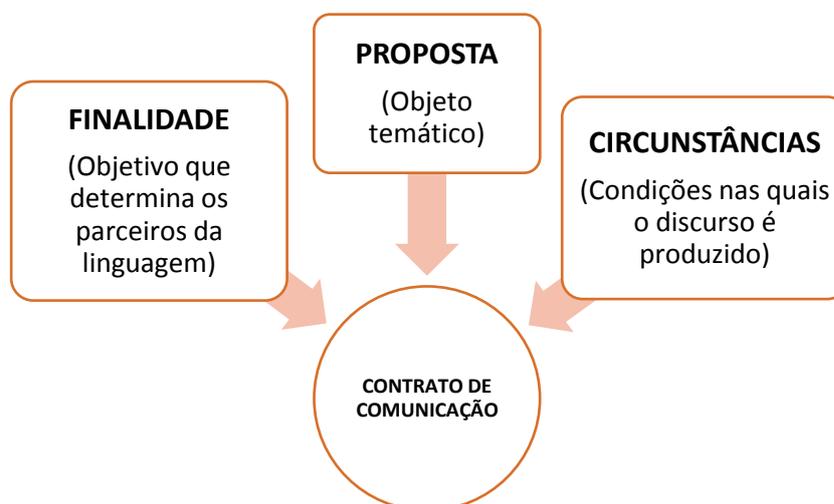
paradigmáticas advindos da sua formação, das experiências vivenciadas e de sua compreensão de mundo.

Segundo Charaudeau (2008), o discurso está além da representação de códigos linguísticos, é uma junção entre o que é explicitado e o que permanece implícito, mas que dá sentido ao processo de comunicação. O autor afirma que a simetria emissor/receptor não é suficiente para promover a percepção do ato de linguagem, exigindo uma maior atenção para a interação entre o implícito e o explícito do discurso.

Compreender este discurso orienta-nos na percepção entre o que se concebe internamente – embora não se exponha – entre as impressões e o que contribui para a elaboração do discurso em si, a expressão das concepções paradigmáticas.

Na perspectiva da ASD, de acordo com Charaudeau e Maingueneau (2012), o discurso se ampara em pressupostos, denominados pelos autores de tipos particulares de conteúdos inscritos nos enunciados, que se referem às realidades conhecidas pelo destinatário do discurso e que não podem ser questionadas, por se tratarem de uma verdade comum partilhada. Ainda segundo os autores, o contrato de comunicação é estabelecido com base em três aspectos, ilustrados no esquema 7.

Esquema 6. Elementos constituintes do contrato de comunicação



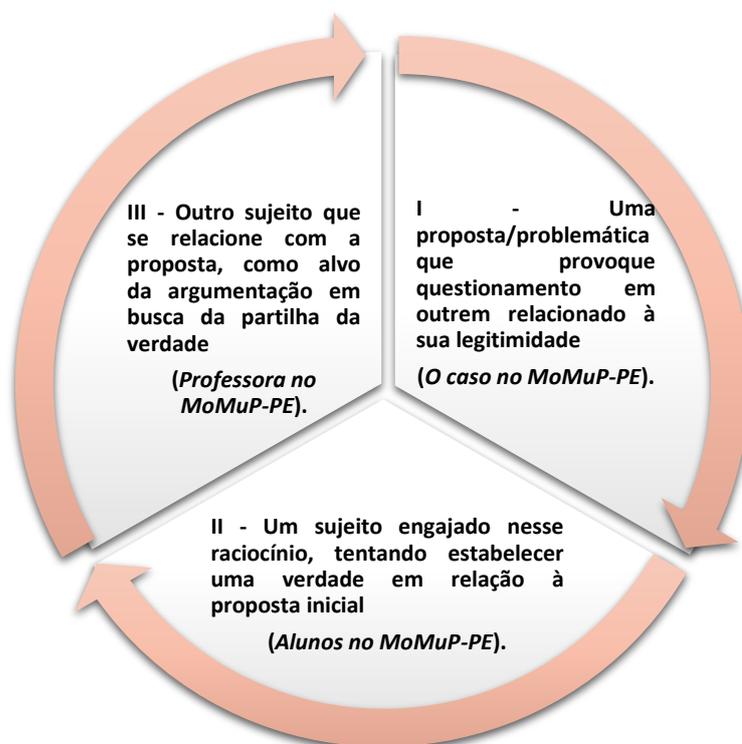
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Charaudeau e Maingueneau (2012)

Cabe aqui um olhar que transite entre a intertextualidade do ato de linguagem, englobando as condições de produção do discurso, o contrato comunicativo e intencionalidade subjetiva do que foi expressado.

O discurso ainda pode ser classificado, segundo Charaudeau (2008a), em quatro modos de organização para determinadas finalidades: enunciativo, descritivo, narrativo e argumentativo. Para a nossa pesquisa, utilizaremos o modo argumentativo, que ainda de acordo com o autor, estabelece um posicionamento a favor ou contra determinada opinião, desenvolve uma explicação, uma contestação ou contraposição, sempre visando a defender um ponto de vista.

Entendemos assim, que essa modalidade de discurso alcança uma congruência com os objetivos de pesquisa e as respostas obtidas em nossos questionamentos, a partir do momento em que os estudantes são motivados a elaborar uma explicação em defesa de um ponto de vista. Importa ressaltar que os questionamentos e/ou problemáticas elaborados pela professora sujeito da pesquisa de Sá (017), aspiravam esse modo de discurso, contemplando os três elementos que caracterizam a relação argumentativa:

Esquema 7: Aspectos constitutivos da relação argumentativa no discurso

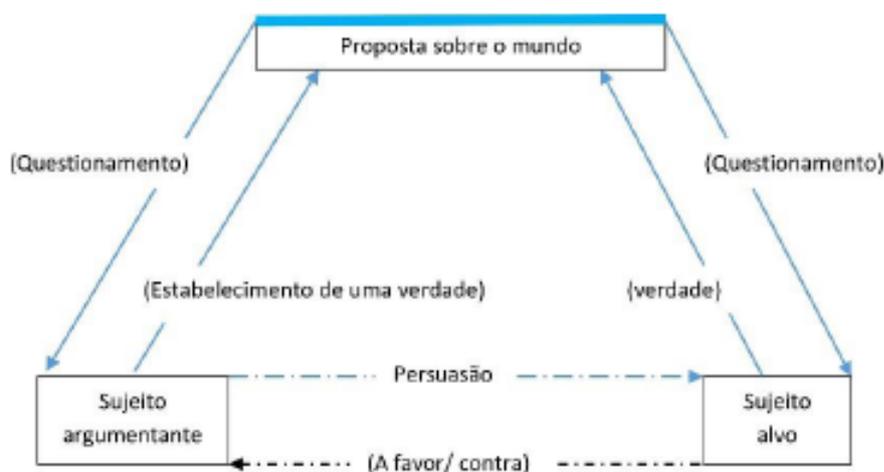


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Charaudeau (2008) e Brayner-Lopes (2015).

Em nosso estudo de mestrado - focado na relação das concepções paradigmáticas com a construção de conceitos sistêmico-complexos, partimos da aplicação do MoMuP-PE, no qual foi apresentado um **caso** (recorte da realidade; fatia I) para análise e **desconstrução** a fim de responder questões relacionadas ao metabolismo de carboidratos. Os estudantes, por sua vez, representam a segunda fatia.

A fatia III da Figura 8, em nosso estudo, se refere à professora regente da disciplina a quem os estudantes se dirigem. Seu papel, de acordo com Sá (2017), é orientar o processo a partir das mediações realizadas durante as aulas, a partir das quais os estudantes são provocados a responder questões postas durante o processo, (re) organizando o pensamento em função dos **minicazos**, em busca de elucidar as questões do **caso**. Ainda segundo a autora, o contexto da construção das argumentações, então, se deu nas relações estabelecidas no contrato comunicativo observadas nas relações de sala de aula, no qual argumentos devem ser mobilizados e legitimados a fim de persuadir a docente a partilhar esses mesmos argumentos expostos, conforme o Esquema 9, que ilustra as relações existentes entre o discurso argumentativo.

Esquema 8. Relações entre os sujeitos do discurso argumentativo.



Fonte: Charaudeau (2016, p. 205).

Considerando que os estudantes não abandonam suas concepções primeiras (ou impressões, como temos dito) a partir da exposição de conceitos científicos, uma vez que “precisam reconhecer as suas próprias crenças e tecer uma apreciação de seu valor e de sua precisão diante das novas informações postas para estudo” (Sá, 2017 p.129), acompanhamos nesta pesquisa como os estudantes reestruturam seu

conhecimento a partir do conflito entre suas crenças e as novas informações postas, com a apreciação de valor sobre elas impostas.

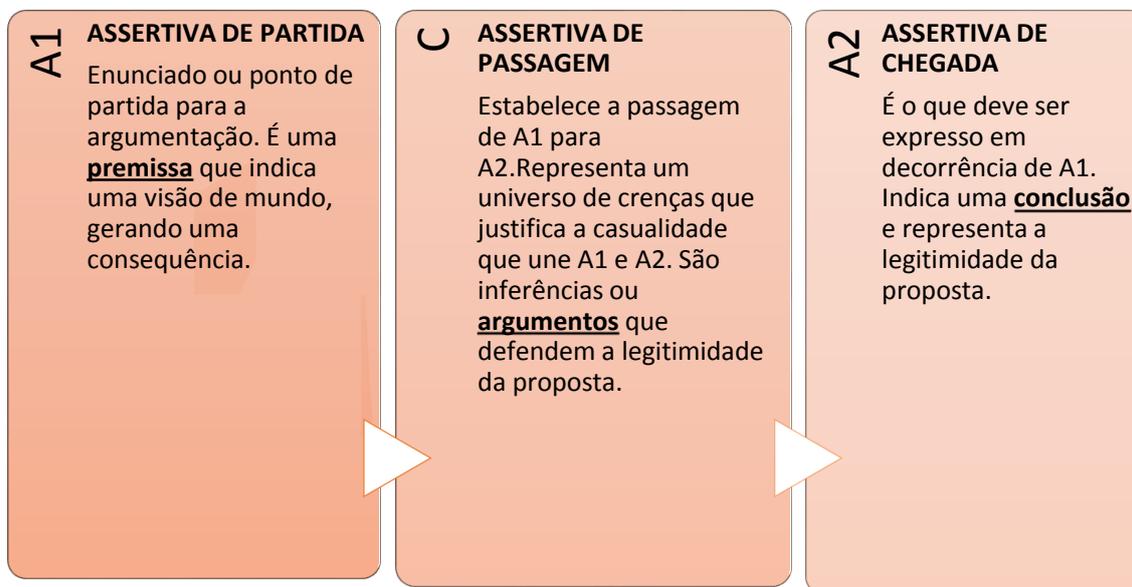
Analisar os argumentos apresentados pelos discentes permite observar em quais paradigmas de Ciência eles se posicionam em relação às suas impressões primeiras e, sob um olhar secundário, a partir dos materiais produzidos durante o MoMuP-PE, como reorientam as relações estabelecidas entre essas impressões e o novo conhecimento, culminando, por fim, nas construções conceituais, refletindo o modo como os conceitos são construídos e reconstruídos em uma perspectiva sistêmico-complexa.

O modo argumentativo busca estabelecer um posicionamento contrário ou favorável acerca de um dado do mundo, desenvolver uma explicação, uma contestação ou uma contraposição, sempre construindo a defesa de um ponto de vista (CHARAUDEAU, 2008). Ao aplicar uma questão de natureza argumentativa, espera-se que os estudantes utilizem seus conhecimentos disciplinares e sua visão de mundo para discutirem o tema. Assim, a compreensão das relações que eles estabelecem ao construir suas respostas (suas argumentações) permitirá investigar quais elementos da Bioquímica e disciplinas correlatas eles trazem para essas construções e como articulam os conceitos na tentativa de explicar o metabolismo dos carboidratos, apresentado no **caso e discutidos nos minicaseos**.

Por fim, cabe expressar que, segundo Charaudeau (2015), a construção argumentativa é constituída de três elementos básicos (Esquema 10), cuja compreensão é de vital importância na análise das respostas apresentadas pelos licenciandos.

Sá (2017) explica que as “asserções de passagem, frequentemente, ficam implícitas na argumentação. Elucidá-las auxilia na percepção de quais elementos foram articulados no estabelecimento de uma defesa de ponto de vista, objetivo do sujeito argumentante” (p. 133).

Esquema 9: Elementos básicos para análise argumentativa



Fonte: Risonilta de Sá (2017) segundo Charaudeau (2016).

2.3.1 Percurso de análise para as concepções primeiras dos estudantes – Impressões:

Para a fase inicial, elaboramos categorias de análise do discurso, advindas do questionário realizado com os estudantes. Iniciamos uma leitura exploratória do *corpus* de dados, com a fragmentação dos textos e codificação das unidades de análise. Essas unidades de análise se baseiam nos blocos de cada questão do roteiro (Quadro 5), com o objetivo de alcançar os registros implícitos que assumem um significado representativo à nossa interpretação e objetivo de pesquisa.

Desse modo, o dimensionamento da unidade de análise se deu em dois patamares: cada questão específica do roteiro apresentado por Sá (2017) e suas respectivas subunidades de análise, que se referiam às expressões recorrentes em cada resposta. Assim, transcorríamos o olhar para cada resposta dada a cada uma das questões, buscando palavras e/ou expressões que se repetiam, ou se angulavam com outras expressões mais frequentes. Utilizamos modos de marcação ao longo do texto, a fim de visualizar melhor a que subunidade de análise se referia. Em virtude dessas

angulações fomos criando categorias empíricas, que se ajustavam à medida que os dados emergiam na análise.

Em algumas respostas, o sujeito discursivo transitava entre variadas ideias e concepções, o que lhe permitia ser alocado em duas categorias distintas, haja vista que não se mostravam excludentes. Ainda no intuito de preservar o anonimato dos estudantes sem tornar o texto impessoal, preferimos utilizar nomes de cidades e números para codificação das respostas.

Quadro 7. Dimensionamento de análise do discurso.

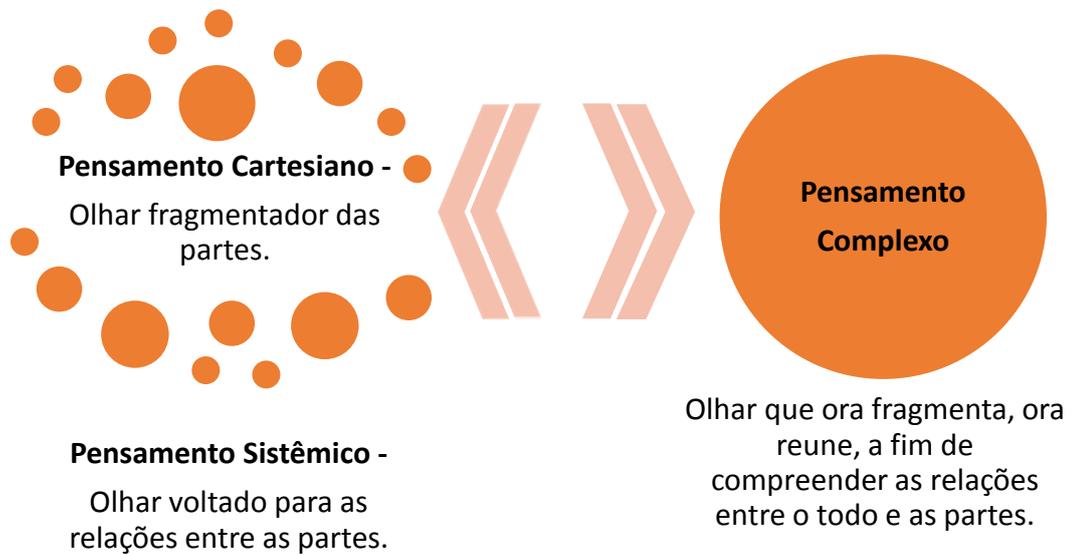
Sujeito	Unidade de análise	Subunidades de análises	Categoria
Maceió	<i>Acho que ter aulas mais práticas e aulas que levem os alunos a terem curiosidades e que busquem o saber.</i>	Ter aulas mais <u>práticas</u> ; <u>levem os alunos a terem</u> curiosidades; <u>e que busquem</u> o saber.	<u>Aulas práticas</u> <u>Participação</u>do <u>aluno</u>
Roma	<i>Construir o conteúdo de forma a que os estudantes compreendam o contexto em que estão inseridos.</i>	<u>Construir</u> o conteúdo; de forma a que <u>os estudantes compreendam</u> o <u>contexto</u> .	<u>Organização</u> do <u>conteúdo</u> <u>Contextualização</u>

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.2 Análise das produções coletivas dos estudantes – Materializações e Expressões

Com relação à esta fase da análise, apontamos nosso olhar para as produções coletivas ao longo das atividades. Relembramos aqui a importância da intertextualidade, segundo Charaudeau (2008) na interpretação guiada pela ASD. As categorias de análise utilizadas se relacionam com as concepções paradigmáticas, apontando para o modo como o discente vê o conhecimento científico e como transita entre os níveis de organização em Biologia (molécula / célula / tecido / órgão / sistemas / organismo / ambiente), além do modo como articula os paradigmas e os conceitos (Esquema 11). As categorias paradigmáticas são teóricas e encontram-se amplamente fundamentadas no Capítulo 1 desta dissertação.

Esquema 10: Categorias para análise do discurso dos discentes -Impressões.



Fonte: Elaborado pelo autor

Este último bloco de análise busca encontrar, nas produções dos estudantes, reflexos das concepções paradigmáticas e como a (re) construção de conceitos se dá com base em tais concepções. As categorias de análise aqui utilizadas apontam também para o modo como os estudantes transitam entre os níveis biológicos (Esquema 12).

Esquema 11: Níveis de organização em Biologia.



Fonte: Adaptado de Brayner-Lopes (2015).

Neste sentido, focaremos nossa análise em dois momentos distintos do MoMuP-PE, devido ao espaço/tempo e ainda para acompanharmos como se dá a construção dos conceitos com suas eventuais similitudes e disparidades. Adotamos então o olhar para uma atividade cognitiva, as **travessias temáticas** realizadas durante a atividade sobre Regulação Cetogênica e ainda, para a atividade de integração dos **minicazos** utilizados pela docente. Cada um dos minicazos trata especificamente de uma situação, mas sobrepõem-se entre si e mantendo ligações com o caso: “Comida x Alimentação: (re) pensando nossas escolhas”, “Lanches saudáveis”, “Exercícios físicos” e “Estresse”. E permitem ainda a desconstrução/reconstrução de forma orientada e reflexiva.

As unidades de análise eram retiradas dos esquemas conceituais, a partir dos quais observamos textos, símbolos, ilustrações, setas e demais conectivos. A ocorrência das palavras e o modo como elas eram relacionadas (ou não) nos esquemas configuram-se como eixo central para formação das unidades de análise, a partir das questões norteadoras disponibilizadas pela docente.

Como categorias de análise, utilizamos novamente o padrão de pensamento baseado nos saltos entre os níveis biológicos e nos paradigmas de ciência. O quadro 8 ilustra o instrumento utilizado para esta etapa da análise.

Quadro 8. Categoria de análise das produções coletivas dos estudantes – Expressões e Materializações

ETAPA DO MOMUP-PE	UNIDADE DE ANÁLISE	SUJEITO DA PESQUISA	NÍVEL DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA							PARADIGMAS			
			Molécula	Célula	Tecido	Órgão	Sistema	Indivíduo	Ambiente	Cartesiano	Sistêmico	Complexo	
Focamos em dois momentos distintos a fim de comparar a condução da construção dos conceitos ao longo da sequência didática	Esquemas conceituais												
Travessia Temática		01									↔		
Integração dos Minicases		02									↔		

Fonte: Adaptado de Brayner-Lopes (2017)

CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colaboração da sensibilidade e do entendimento é necessária para o conhecimento humano. Nenhuma é preferível à outra. Sem a sensibilidade, nenhum objeto nos seria dado; e sem o entendimento nenhum seria pensado. Pensamentos sem conteúdo são vazios, intuições sem conceitos, são cegas.

Immanuel Kant

3.1 Impressões primeiras dos discentes

Dos 30 estudantes participantes da pesquisa, 27 responderam ao questionário (Quadro 5) disponibilizado com a finalidade de identificar as características do sujeito interpretante no discurso – o estudante. O objetivo deste questionário foi traçar um perfil dos sujeitos de pesquisa, uma vez que nosso estudo se abriga sob a Análise Semiolinguística do Discurso (ASD), atenta à formação conceitual com suas múltiplas e distintas experiências sociais. Neste sentido, cabe um olhar que transite entre a multiplicidade de concepções e interferências nas relações interpessoais. As categorias aqui utilizadas são de cunho empírico, pois emergiram a partir da leitura dos dados. No entanto, triangulamos esses padrões de respostas também com as categorias paradigmáticas (Esquema 11) utilizadas neste trabalho.

O quadro 9 apresenta as categorias de análise obtidas após a intensa e extensa leitura das respostas dos estudantes.

Quadro 9. Dados obtidos no questionário aplicado aos estudantes

Questão	Expressões recorrentes	Trecho de análise	Categoria
1) Dificuldades encontradas no curso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aulas práticas; ✓ Recursos limitados; ✓ Capacidade de abstração; ✓ Aulas experimentais; ✓ Interação; ✓ Laboratório; 	<p>Montreal: <i>Falta de recursos materiais para desenvolver, por exemplo, aulas experimentais, além disso, a estrutura do local pode influenciar, por exemplo a ausência de um laboratório ou áreas para o ensino de Biologia;</i></p> <p>Tunis: <i>Dificuldade de enxergar algo abstrato na maioria dos casos;</i></p> <p>Bogotá: <i>As cadeiras de Biologia deveriam ser mais complexas, pois muitos alunos perguntam algo ao professor e o professor responde: “Isso é complexo demais para vocês” e já que vamos ser professores temos que tirar todas as dúvidas dos alunos;</i></p>	Teoria x prática
			Recursos didáticos
			Capacidade de abstração
2) Planejamento da prática pedagógica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planejamento, ✓ Organização, ✓ Cotidiano, ✓ Métodos, ✓ Contextualização 	<p>Roma: <i>Construir o conteúdo de forma a que os estudantes compreendam o contexto em que estão inseridos;</i></p> <p>Marrakesh: <i>É importante para manter um nível de organização além de fazer com que o aluno se interesse mais pelo assunto utilizando métodos devidamente planejados.</i></p>	Domínio do conteúdo
			Organização do conteúdo
			Contextualização do conteúdo
			Aplicação do conteúdo

3) O que pode contribuir no curso para melhor desempenho do professor de Biologia.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Experiência em sala; ✓ Aulas práticas e de campo; ✓ Formação nas áreas humanas; ✓ Disciplinas do bacharelado; ✓ Aplicação do conhecimento; ✓ Tecnologia; 	<p>Nassau: <i>Mais aulas práticas em laboratórios, menos provas decorativas e aulas de campo;</i></p> <p>Istanbul: <i>Mostrar a importância do uso da tecnologia na construção do conhecimento, instigar a pesquisa para uma constante mudança dentro das salas de aulas;</i></p> <p>Aveiro: <i>Mais cadeiras importantes de outros cursos de Biologia como por exemplo algumas do bacharelado, eu sei que nosso foco é o ensino, mas tem gente que quer ser professor e pesquisador (como eu) e isso acaba tendo muita falta...</i></p>	Oportunidade de prática
			Metodologias ativas
			Ensino e pesquisa
4) Elementos importantes em um plano de aula que permitam a construção dos conceitos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Experimentação e Observação; ✓ Aulas práticas ✓ Domínio do conteúdo; ✓ Participação dos alunos; ✓ Contextualização 	<p>Maceió: <i>Acho que ter aulas mais práticas e aulas que levem os alunos a terem curiosidades e que busquem o saber;</i></p> <p>Budapeste: <i>Teoria é a base de tudo, mas tudo fica mais claro na Biologia quando relacionamos com o nosso dia.</i></p>	Aulas práticas
			Domínio do conteúdo
			Participação do aluno
			Contextualização
5) O que mais gostaria de aprofundar durante o curso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Linguagem de sinais; ✓ Disciplinas específicas; ✓ Prática de ensino; ✓ Aulas práticas; ✓ Método científico; 	<p>Manilla: <i>A prática de ensino de Biologia;</i></p> <p>Viena: <i>Atividades de campo;</i></p>	Prática de Ensino
			Aulas práticas

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesquisa; ✓ Aulas de campo 	<p>Riade: <i>A pesquisa como um todo;</i></p> <p>Calcutá: <i>Alternativas no ensino e conscientização sobre a importância do método científico no desenvolvimento tecnológico da humanidade.</i></p>	<p>Pesquisa</p> <hr/> <p>Conhecimento científico</p>
<p>6) Temas que devem ser aprofundados para o ensino de Biologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Genética e Biotecnologia; ✓ Ecologia; ✓ Corpo humano; ✓ Botânica e Zoologia ✓ Sexualidade; ✓ Meio ambiente; ✓ Mudanças climáticas; ✓ Evolução; ✓ Histologia animal e vegetal; ✓ Bioquímica. 	<p>Georgetown: <i>Evolução, para desmistificar crenças que levam à intolerância;</i></p> <p>Barcelona: <i>Ecologia, porque não acho que os alunos devam saber apenas como funciona a cadeia alimentar ou como preservar o meio ambiente não jogando lixo nas ruas, quero que eles entendam a importância das relações ecológicas. E o outro assunto seria educação sexual, porque acho que falta um esclarecimento maior sobre o assunto nas escolas e isso se daria não só através de aulas, mas também através de feiras expositivas que seriam abertas à comunidade.</i></p>	<p>Conhecimento Científico x Religião</p> <hr/> <p>Temas transversais</p>

Fonte: Dados obtidos por Sá (2017).

O que está implícito nos relatos dos estudantes aqui analisados, aparece também nos debates entre profissionais da área, fórum de estudantes e outros encontros de áreas de ensino. Relativamente à primeira questão, apresentam as tendências encontradas no curso de Biologia, para muitos estudantes, que dizem respeito a relação teoria – prática. Esta visão é muito comum em ambientes universitários nos quais, segundo Fávero e Tauchen (2013), se dicotomiza teoria e prática no ensino e na pesquisa. Coadunar o que se apresenta nas aulas expositivas com um momento de prática efetiva de experimentações aparece em boa parte das respostas. Duas observações relevantes devem ser pontuadas: o protagonismo de aulas “teóricas” em detrimento às oportunidades de aulas práticas e ainda, a superestimação das experimentações por parte dos estudantes. Uma possível resposta àquela está no próprio comentário dos discentes, referente à falta de recursos didáticos que compromete a realização de aulas práticas, pois há “*falta de recursos materiais para desenvolver, por exemplo, aulas experimentais*”. Sendo a Biologia um curso que envolve abstração e saltos repentinos entre os níveis de organização biológica, como recorrer às alternativas que viabilizem a exposição do conteúdo sob um cariz prático? Um questionamento que encontra em distintas pesquisas (CERQUEIRA, SOBRINHO, PERIPATO, 2013; LIMA, 2014; BAIOTTO, LORETO, 2016) respostas práticas, efetivas e de baixo custo.

Repetidamente, encontramos uma superestimação das experimentações em diversas respostas, ao apresentarem os termos “*laboratório, aulas práticas e aulas experimentais*”, que se devam talvez ao fato da própria carência de tais aulas. A partir de uma leitura mais analítica, percebe-se uma visão reducionista, um olhar cartesiano, embutidos na concepção da fragmentação relacionada ao conhecimento científico. O método científico, venerado pela ciência cartesiana, aparece em distintos momentos do discurso, quando os discentes citam “método” e “experimentação”, e “observação” bem como “teoria”. Invocamos mais uma vez Bloor (2009) ao afirmar que o ponto de vista da ciência contemporânea é causal, neutro, reducionista e empirista. Desse modo, os estudantes não raras vezes chegam à academia com aspirações científicas que devem ser refletidas e canalizadas, a fim de proporcionar um (re) direcionamento das concepções e percepções sobre a Ciência e o modo como ela é executada. O sentimento de curiosidade, de interesse, de questionamento – intensamente

observados em estudantes iniciantes – devem ser usados como trampolim na extensa subida da escada do conhecimento.

Para o planejamento da prática pedagógica, encontramos um olhar mais complexo, com discentes explicitando a necessidade de recorrer a um pensamento ora fragmentador, ora holístico. Evidenciado, por exemplo na afirmação que “*mostrar a importância do uso da tecnologia na construção do conhecimento*” é um compromisso daqueles que olham para o todo e as relações com as partes. A própria natureza do conteúdo é apresentada como um requisito para essa postura pedagógica. A transição entre os variados níveis de organização em Biologia também está presente no discurso, exemplificada pelos saltos entre o universo específico do conteúdo, puro da Biologia, e o universo macroscópico da contextualização do conteúdo. Esta é uma postura que deve ser cada vez mais instigada nos ambientes de ensino universitários, haja vista que existe, segundo Bertalanffy (2012) a necessidade de uma Biologia orgânica cuja abordagem considere os diferentes níveis de organização biológica. Em outras palavras, que se ocupe também com os níveis mais elevados da organização da matéria viva e não apenas com o nível físico-químico molecular.

Dominar e organizar o conteúdo são elementos básicos para a prática pedagógica, na visão dos licenciandos. De acordo com uma das respostas “*É importante para manter um nível de organização além de fazer com que o aluno se interesse mais pelo assunto utilizando métodos devidamente planejados*”, o interesse do aluno aumenta a partir do momento em que as sequências didáticas se mostram organizadas e previamente planejadas. Chama-nos a atenção o fato de que, de acordo com alguns posicionamentos analisados, a vontade de aprender é resultante da didática do professor. Esse olhar exige cautela e é passivo de reflexão ao longo do curso de Licenciatura, a partir do qual o graduando terá a oportunidade de descobrir que o professor é um mediador no processo de ensino-aprendizagem e a vontade de aprender não se cultiva apenas com as sementes docentes.

Ainda de acordo com as repostas dos estudantes, a contextualização do conteúdo também se faz necessária. É neste sentido da contextualização que percebemos um olhar sistêmico, inserindo o estudante na percepção das relações da parte com o todo. Ainda que não seja expressamente uma integração entre os níveis moleculares, citológicos, tissulares e orgânicos – mais concatenados à Biologia – e sim, nas relações com o cotidiano, compreendemos que unir o conteúdo de conceitos biológicos com suas aplicações sociais e culturais, é também um requisito para o

planejamento da prática pedagógica, na opinião dos sujeitos da pesquisa. Vemos em Capra (2006) essa abordagem sistêmica em termos de relações, conexões e contextos, das partes para o todo, do conhecimento objetivo para o contextual, da quantidade para a qualidade, da estrutura para o processo, dos conteúdos para os padrões.

Importa ressaltar a natureza dos conceitos estudados em BCM, maioritariamente dedicados ao nível microscópico, o que aguça a dificuldade de contextualizar conceitos abstratos, tanto para estudantes quanto para professores. Internalizar - sob a ótica da THC – esses conceitos, exige atividades que possibilitem a materialização do fenômeno estudado. Por este motivo, o MoMuP-PE apresenta-se como uma relevante estratégia, por permitir, segundo Sá (2017), internalizar e materializar conceitos tidos como de difícil compreensão, formulados num plano abstrato sem nexos com o plano concreto.

A contextualização também se faz presente como elemento chave em um processo de mediação cognitiva, como o MoMuP-PE. Ao longo dos processos de desconstrução e reconstrução “os estudantes constroem argumentos pautados nos conceitos estudados, para explicar os diferentes contextos e articulá-los” (SÁ, 2017, p. 195). Por esse motivo, observar que estudantes de Licenciatura enxergam a importância da contextualização para o processo de ensino-aprendizagem aponta caminhos auspiciosos na tentativa de romper com a prática fragmentadora. Haja vista que segundo a autora, o pensamento cartesiano - muito presente no Ensino de Biologia - desfavorece a articulação, sistematização e contextualização dos conceitos estudados.

E na tentativa de auxiliar a frutífera conexão entre os contextos, Behrens (2013) sugere a problematização do tema a ser abordado, como uma proposta para a prática docente inovadora. Evita-se assim, o esquecimento da grande quantidade de informações fragmentadas, que segundo El Hani (2002), não foram construídas com aderência de significado.

Em continuidade à análise, para uma boa prática pedagógica se faz necessário, além de outras competências, o domínio do conteúdo, com um aprofundamento teórico acerca de suas porções constituintes para que assim, ocorra a extrapolação para a contextualização e aplicação do mesmo. Essa transição entre os níveis de organização biológica e mesmo entre as concepções paradigmáticas é abrigada pela técnica do *zoom*, proposta por Mariotti (2012) e pela própria teoria da Flexibilidade

Cognitiva, através das travessias de paisagem e das múltiplas conexões dos conceitos (SPIRO et al., 1988; CARVALHO, 2011).

Conceitos complexos, como a obesidade em BCM, devem ser atravessados tematicamente ao longo dos vários níveis biológicos e com um olhar ora fragmentador, ora holístico, acompanhando suas variadas vertentes e o modo como elas se articulam. É importante ressaltar, contudo, que ao professor cabe a mediação desse processo, que pode ser fragilizado se os estudantes apresentam lacunas conceituais. Segundo Jofili et al. (2010), tais lacunas comprometem as relações entre os universos macro e microscópicos e as relações entre os conceitos abstratos e complexos.

Ao serem questionados sobre a contribuição do curso para o melhor desempenho pedagógico, citam aulas práticas, aulas técnicas, experimentações e ensino de disciplinas mais específicas, como se vê no seguinte trecho: “*Mais aulas práticas em laboratórios, menos provas decorativas e aulas de campo*”. Percebe-se aqui a clara visão que os discentes possuem sobre a influência do paradigma cartesiano sobre a prática pedagógica, em concordância com Zabala (2010) que aponta a compartimentalização do conhecimento em disciplinas e com Fávero e Tauche (2013), ao afirmarem as dicotomias existentes entre o ensino e o modo de fazer ciência, sempre reféns da fragmentação. Dicotomias essas que são constantemente explicitadas, não sendo aleatória, a recorrência maior das respostas inseridas nas categorias “Oportunidade de prática” e “Ensino e pesquisa”.

É interessante notar que, em certo sentido, os pensamentos se contradizem entre alguns estudantes que apontam como contribuição da formação pedagógica as disciplinas relacionadas ao bacharelado em Biologia, com conteúdos mais específicos voltados para a prática de pesquisa. Depreendemos que essas respostas talvez se amparem em uma concepção prévia de que no curso supracitado as disciplinas biológicas são ministradas de modo mais aprofundado e voltado para a pesquisa, o que não ocorre na Licenciatura, por ser um curso tido como sendo de menos “prestígio social”. Um discurso implícito – também analisado sob a ótica de Charaudeau – dos licenciandos não só da Biologia. Percebe-se ainda um resgate da função de docência contemplando o ato de pesquisa, tendência esta, apontada por André (2005) como sendo recente, ganhando força no Brasil a partir do final da década de 1980 e principalmente com a publicação organizada por Antônio Nóvoa (1992) da coletânea sob o título de “Os professores e a sua formação”.

Por outro lado, a formação nas áreas humanas, as aulas de Didática e as experiências em sala de aula (dos estágios supervisionados, quiçá) se apresentam também nas respostas dos discentes.

Relativamente a questão 4, os discentes apresentam como elementos importantes - presentes em um plano de aula - para a construção de conceitos, a participação do aluno, a contextualização, o domínio do conteúdo e as aulas práticas. Mais uma vez, experimentação, observação e contextualização se mostram recorrentes nas respostas. Com relação às duas primeiras palavras, a concepção paradigmática cartesiana mais uma vez é invocada, todavia, os estudantes também apresentam uma visão complexa, ao relacionarem o conhecimento do cotidiano como relevante para a construção dos conceitos. Um fato importante para o Ensino de Biologia, sob o paradigma emergente, que permite, segundo Boavida (2007), reconhecer um estatuto específico que transite entre as ciências da educação, os domínios científicos e a realidade sociocultural em real articulação.

Ao serem questionados sobre o que desejavam aprofundar em seu curso, os estudantes citaram quatro eixos: Prática de Ensino, aulas práticas, pesquisa e conhecimento científico. Nos padrões de respostas, uma miríade de demandas surge. Algumas relacionadas com a Licenciatura, como comportamento docente, metodologias ativas e prática de ensino. Outras, relacionadas com a realidade acadêmica, como a pesquisa e aulas de campo. Todavia, chamamos a atenção mais uma vez para a incidência dos termos aulas práticas e método científico, que figura – de acordo com as palavras de Jorge (2006) – como uma veneração ressoante na academia, acreditados como o motor da prática científica.

Um *zeitgeist*⁸ que ainda circulará entre aqueles que fazem Ciência. Relembrando que Bertalanffy (2012) aponta o fato de que a maioria dos biólogos contemporâneos ainda acredita que o modelo cartesiano é o único enfoque válido, organizando suas pesquisas a partir deste princípio, o que o tem configurado como uma “abordagem bastante fecunda para a ciência” (Murphy, 2014, p. 308). Cabe aos acadêmicos refletirem sobre a centralidade, ou mesmo exclusividade, do paradigma cartesiano em suas práticas científicas, a fim de rompermos com o modelo unidirecional de Ciência.

Por fim, questionamos ainda quais seriam os temas que devem ser aprofundados para o Ensino de Biologia, obtendo assim, um padrão de respostas um

⁸ Do alemão, espírito da época, espírito do tempo, conjunto do clima intelectual e cultural do mundo.

pouco menos heterogêneo. Padrão este dividido em dois eixos, temas transversais e a dualidade “ciência x religião”. Contudo, não aparecem demandas distintas à Biologia, o que pode ser compreendido, lembrando-se do contexto no qual a pergunta foi feita, em uma turma de licenciandos em Biologia. Inferimos também que o padrão de compartimentalização de disciplinas contribui para um olhar mais reducionista, no qual o estudante não enxerga as possibilidades além-fronteiras disciplinares, como afirma Santos (2008). Mais um reflexo do paradigma científico dominante que, segundo Viegas e Fernandes (2001) reflete-se direta e profundamente na prática pedagógica.

Nos cursos de Licenciatura, deve-se promover uma visão alargada em relação à formação, pois como afirma Silva (2009), nem só o curso de formação básica, nem só a prática em sala de aula, nem só cursos de formação continuada, nem só o exercício profissional, possibilitam a construção de conceitos independentemente.

Por este motivo, em um curso de formação de professores, devemos atuar anulando visões monoculturais e unidirecionais, permitindo o livre trânsito entre concepções paradigmáticas, na tentativa de alargamos visões de mundo, de Ciência e mesmo, de prática pedagógica.

3.2 Expressões dos discentes

Nesta fase, apresentamos os dados obtidos através das construções coletivas (esquemas conceituais) dos estudantes e a influência das concepções paradigmáticas sobre elas, ao alinhar a materialização das discussões com os níveis de organização biológica e os paradigmas de ciência, obtendo diversos panoramas.

Remetendo-se novamente à tese de Sá (2017), lembramos o seu objetivo de identificar nas etapas do MoMuP-PE os elementos facilitadores da aprendizagem de conceitos sistêmico-complexos à luz da THC. Para isto, utilizou os minicasos para acompanhar a materialização das discussões de forma orientada. As travessias temáticas, por sua vez, permitiram à autora acompanhar a internalização dos conceitos e interiorização da ação de aprendizagem. Em nossa dissertação, buscamos um enfoque sobre os **minicasos** e **travessias temáticas**, a fim de acompanhar a relação das concepções paradigmáticas com a construção dos conceitos sistêmico-complexos.

Relativamente aos minicasos, Sá (2017) apresenta uma extensa análise sobre o desenvolvimento de cada um deles em sua tese, direcionando o olhar para as construções coletivas (grupos) de estudantes, a partir da proposta da professora. Nesta

dissertação, porém, adotamos um momento da disciplina que envolveu uma atividade para integração dos minicase, na qual os estudantes deveriam construir um esquema em *parking lot*, observando as relações entre cada contexto e o metabolismo de carboidratos. Alguns norteadores (asserções de partida) foram disponibilizados pela docente, a fim de impulsionar legitimidade científica nos argumentos e orientar o processo. Nosso foco então, recai sobre o modo como os estudantes integraram os quatro minicase analisados por Sá (2017), utilizando como fio condutor o metabolismo de carboidratos.

Como nossa análise ampara-se na construção argumentativa de Charaudeau (2008), precisávamos delinear a asserção de partida (A1) e a asserção de chegada (A2), no intuito de acompanhar a asserção de passagem dos estudantes durante a construção dos esquemas. Como assertiva de partida para todos os três grupos aqui analisados, temos os questionamentos da docente (Quadro 10). Ressaltando ainda que, para cada minicase, há uma asserção de partida comum, relacionada às vias metabólicas para os carboidratos, grifadas no quadro supracitado. Sobre esta via ancoramos nossa análise.

Quadro 10. Asserções de partida (A1).

Minicase	Asserções de partida
<i>Lanches saudáveis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O que é alimento saudável? ✓ <u>Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?</u> ✓ Qual a vantagem de uma alimentação saudável?
<i>Evitando carboidratos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Qual o objetivo de se restringir ou mesmo retirar carboidrato da dieta? ✓ O que se apresenta como vantagem? ✓ <u>Quais as vias metabólicas envolvidas no que diz respeito ao metabolismo de carboidratos, diante de uma dieta restritiva?</u>
<i>Exercícios físicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Qual o objetivo de se realizar exercícios físicos para buscar um hábito saudável ✓ <u>Como se processam as vias metabólicas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, no que diz respeito à prática regular de exercícios?</u> ✓ Qual a influência do exercício sobre o controle da glicemia e das vias metabólicas no que diz respeito a uma prática regular de exercício?
<i>Estresse</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Como o estresse pode influenciar o metabolismo de carboidratos?</u> ✓ Quais as vias envolvidas num quadro de estresse e como é a regulação da glicemia? ✓ Como se dá o controle da glicemia e da regulação?

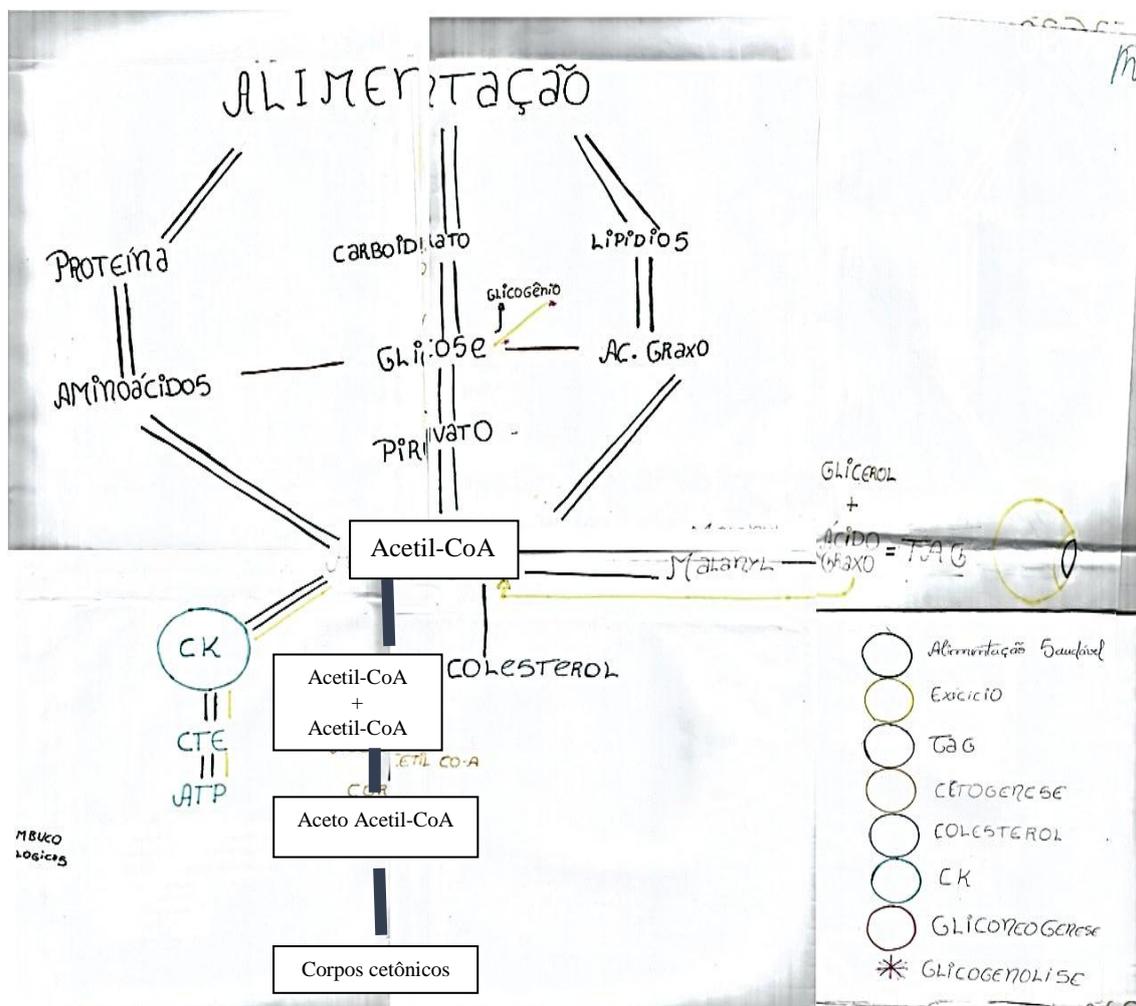
Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Sá (2017), a realização de cada minicaso viabiliza uma relação dos conceitos com os contextos nos quais estão inseridos, permitindo, mediações mais complexas em níveis de aprofundamento mais diferenciados, através dos processos de desconstruções e reconstruções. Essas atividades coadunam com a flexibilidade cognitiva, pois também permitem aos estudantes analisar os conceitos e aplicá-los em cada situação, numa abordagem que transita entre o concreto e o abstrato, em articulações conceituais.

Nesta pesquisa então as asserções de partida (A1) compreendem a atividade direcionada pela professora (Quadro 10) e as asserções de chegada (A2) são as próprias construções dos esquemas, com todas as suas vias (representadas por expressões e/ou símbolos). E as asserções de passagem compreendem os modos de pensamento evocados observados nos esquemas, que transitam entre o que foi solicitado e o que foi construído. Abrigados nas categorias das concepções paradigmáticas e nos níveis biológicos em que os estudantes transitam, nossos procedimentos analíticos buscam compreender o discurso implícito ao longo das asserções de passagem. Em adição, estendemos o olhar analítico até às asserções de chegada – nas imagens – a fim de evitar uma perspectiva fragmentadora albergada em um único ponto desse extenso e fecundo processo: a construção de conceitos.

Desse modo, o grupo Oxford (figura 1), apresenta o seu esquema com um hexágono central, ligado a dois ramos. A palavra alimentação aparece na zona apical, anteposta com o Acetil-CoA, ligados entre si por três vias recursivas (proteínas « » aminoácidos), (carboidrato « » glicose « » piruvato) e (lipídios « » ácido graxo). Os dois ramos que partem do Acetil-CoA trazem por um lado o Ciclo de Krebs ligado à cadeia transportadora de elétrons e ATP, também de forma recursiva; e por outro, o malonyl ligando ao ácido graxo e glicerol para formação de triacilglicerol. As vias de ida, na cor verde, representam a alimentação saudável e as vias de retorno na cor amarela representam o exercício físico. Não aparece na asserção de chegada o termo estresse.

Figura 1. Asserção de chegada - Oxford.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

É possível observar os reflexos das concepções paradigmáticas em suas construções coletivas. Sendo o tema solicitado pela professora a “alimentação”, os estudantes se dedicam aos níveis moleculares e as reações metabólicas que ocorrem entre essas moléculas, pois para cada bloco das asserções de partida solicitam-se as vias metabólicas envolvidas. Ao integrar essas vias metabólicas, os discentes se aproximam de uma perspectiva sistêmica, que busca compreender os fenômenos a partir das relações entre as partes.

Há ainda a ocorrência de uma figura que representa o adipócito, denotando assim um tímido salto microscópico. Todavia, esse grupo inclui uma leve inserção no pensamento complexo, ao apresentar vias recursivas no metabolismo, compreendendo a co-existência das vias anabólicas e catabólicas. Recursividade e vias cíclicas são características, de acordo com Morin (2007) do pensamento complexo, com uma dinâmica de autoprodução daquilo que a produz.

Como asserção de passagem, com o pensamento implícito do grupo, percebe-se uma construção pautada na tentativa de explicar os fenômenos metabólicos a partir da quebra de macromoléculas em seus monômeros, como proteínas/aminoácidos, carboidratos/glicose e lipídios/ácido graxo. Neste sentido, os discentes buscam demonstrar que à alimentação segue a digestão com a consequente produção de energia. Inferimos também o cuidado do grupo em explicitar a relação dos exercícios físicos com o metabolismo de carboidrato – solicitado pela professora na asserção de partida – e ainda com o metabolismo de lipídio, relacionados pela Acetil-CoA.

O modo de representação circular, com vias recursivas, demonstra que os discentes procuram explicar o metabolismo de forma integrada, a partir do momento em que uma determinada molécula (como a glicose) participa de mais de uma via. Com este intento, utilizam setas de cores diferenciadas.

O quadro 11 exemplifica um traço da lógica argumentativa do grupo Oxford, relacionado especificamente a uma das asserções de partida: “quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos? ”. Utilizamos esses traços para proceder com a análise de todos os grupos com suas construções.

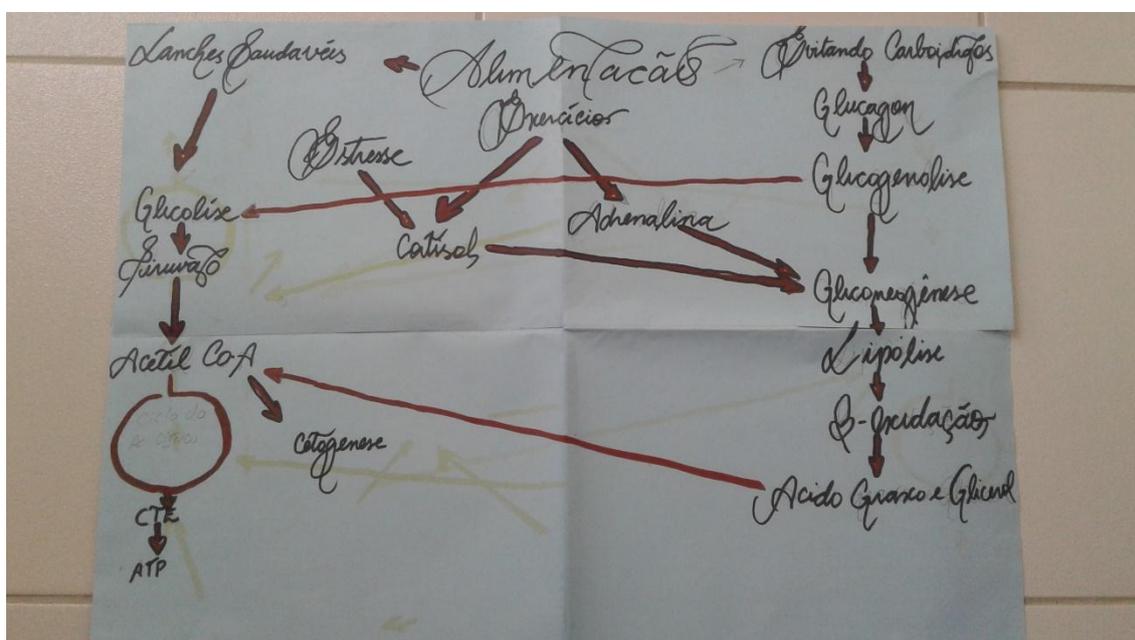
Quadro 11. Traço dos elementos da lógica argumentativa – Grupo Oxford

ASSERÇÃO DE PARTIDA (Questionamentos da professora)	ASSERÇÃO DE PASSAGEM (Discurso implícito dos estudantes)	ASSERÇÃO DE CHEGADA (Palavras e/ou figuras utilizadas nos esquemas)
<i>Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?</i>	A degradação de polissacarídeos em glicose, a síntese de glicogênio e a formação de glicose a partir de compostos não-carboidratos (anglicanos).	<ul style="list-style-type: none"> • Acetil-CoA • Glicose • Gliconeogênese • ATP • Glicogenólise • Piruvato

Fonte: elaborado pelo autor

O grupo Cairo (Figura 2) apresenta o termo alimentação de forma central, ligado à duas vias distintas, uma para os lanches saudáveis e outra para a restrição de carboidratos na dieta. Embora se comuniquem por outras duas vias, a glicogenólise e a glicólise, visualizamos certa compartimentalização das vias metabólicas. O estresse ligado ao cortisol envolve-se apenas com a gliconeogênese e os exercícios físicos relacionam-se através da adrenalina também com aquela via metabólica. Não encontramos então, a ocorrência de vias recursivas ou não lineares, à exceção apenas do ciclo do ácido cítrico, que é cíclico por natureza.

Figura 2. Asserção de chegada - Cairo.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

Relativamente à sua asserção de passagem, infere-se que o grupo se dedicou a explicar o que ocorre em uma dieta que evita o carboidrato (um dos minicursos utilizados pela professora) em comparação ao que ocorre com a alimentação saudável. Embora não utilizem o termo “glicogênio” em A2, percebemos que apresentam a relação deste com as vias metabólicas a partir do momento em que a privação de carboidratos estimula a quebra do glicogênio para disponibilização de glicose. Nesta A2 encontra-se ainda a glicogenólise apontando para a gliconeogênese. Aqui, talvez, os discentes desejam ilustrar que, saturada a fonte de glicose a partir da degradação do glicogênio, o organismo tem ativado a formação de glicose a partir de outros substratos que não carboidratos.

Quadro 12. Traço dos elementos da lógica argumentativa – Grupo Cairo

ASSERÇÃO DE PARTIDA (Questionamentos da professora)	ASSERÇÃO DE PASSAGEM (Discurso implícito dos estudantes)	ASSERÇÃO DE CHEGADA (Palavras e/ou figuras utilizadas nos esquemas)
<i>Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?</i>	Ao evitar carboidratos, o glucagon entra em ação ativando a glicogenólise que promove a disponibilização de glicose. Esta por sua vez, ao ser quebrada, permitirá a consequente produção de energia para o organismo, a partir do ciclo do ácido cítrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Acetil-CoA • Glicólise • Glicogenólise • ATP • Glucagon • Piruvato

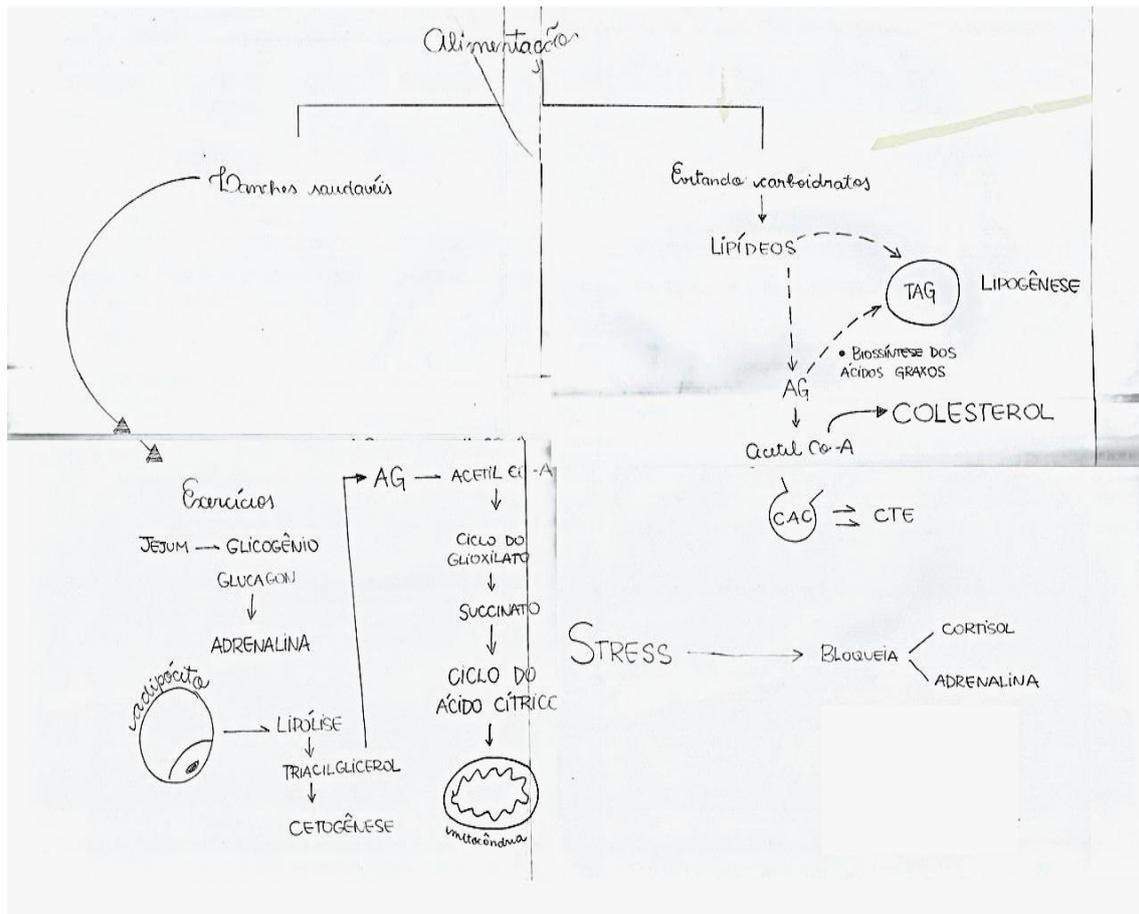
Fonte: elaborado pelo autor

Apontando para os exercícios físicos, a docente questiona sobre a influência dos mesmos sobre o controle da glicemia. Compreendemos também que, implicitamente, os estudantes assimilam que o excesso de adrenalina impulsiona o organismo a buscar - de forma rápida – grande quantidade de energia. Neste sentido, a degradação do glicogênio propicia essa disponibilidade de glicose.

Mais uma vez percebemos a apropriação dos níveis moleculares, o que é previsível em uma turma de Bioquímica, cujo foco se dá prioritariamente entre as vias metabólicas e entidades químicas participantes. E ainda em resposta aos questionamentos da professora (A1), que ressaltam sempre as relações dos fenômenos estudados com as respectivas vias metabólicas. Os estudantes desse grupo apresentam uma riqueza de termos metabólicos encadeados entre si, utilizando setas que atravessam os polos da figura. Embora não se visualizem saltos entre os níveis biológicos, inferimos que há uma incipiente visão sistêmica, que busca envolver os fenômenos moleculares relacionados à alimentação e exercícios físicos, transitando entre fenômenos macro e microscópicos.

O grupo Seul, em sua A2, também centraliza a palavra alimentação ligada ao lanche saudável em via antagônica à restrição de carboidratos. Porém, aqui elas não se comunicam entre si. Por outro lado, traz também a via metabólica do estresse, ainda que resumidamente e sem articulação com os demais elementos.

Figura 3. Aserção de chegada - Seul.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

Neste esquema, os fenômenos se mostram setorizados e com poucas interações entre si. O estresse, por exemplo aparece na figura, mas de forma isolada no canto inferior direito. Alguns termos que poderiam aparecer congregados também não se comunicam, como o caso da adrenalina, que se mostra nos exercícios e no estresse, mas sem ligações entre ambos os fenômenos; e o ciclo do ácido cítrico, que aparece na via dos exercícios e na dieta privada de carboidratos.

Destaca-se, no entanto, a presença do nível celular, a partir da inserção do adipócito e da mitocôndria em duas vias, o que se configura como um salto microscópico, a partir do momento em que visualiza o vaivém das moléculas entre as entidades celulares.

Quadro 13. Traço dos elementos da lógica argumentativa – Grupo Seul

ASSERÇÃO DE PARTIDA (Questionamentos da professora)	ASSERÇÃO DE PASSAGEM (Discurso implícito dos estudantes)	ASSERÇÃO DE CHEGADA (Palavras e/ou figuras utilizadas nos esquemas)
<i>Quais são as vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos?</i>	Ao evitar carboidratos, o glucagon entra em ação ativando a glicogenólise que promove a disponibilização de glicose. Esta por sua vez, ao ser quebrada, permitirá a consequente produção de energia para o organismo, a partir do ciclo do ácido cítrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Glicogênio • Adrenalina • Lipogênese • Glucagon • Acetil-CoA • Ciclo do Ácido cítrico

Fonte: elaborado pelo autor

Relativamente à asserção de passagem, percebe-se que os estudantes compreendem que a via metabólica para os exercícios físicos envolve a quebra do triacilglicerol em ácido graxo e consequente produção de energia nas mitocôndrias. O uso da figura da mitocôndria e do adipócito revela que o grupo concebe que estes fenômenos ocorrem no nível celular e tecidual. No bloco “Evitando os carboidratos”, ao ilustrar a biossíntese de lipídios, o grupo revela ter assimilado que o excesso de carboidratos impulsiona a lipogênese, síntese de gorduras a partir de substâncias que não são gorduras.

No tocante aos exercícios físicos, desenvolvem sua asserção de passagem com detalhes relacionados à lipólise, a partir da qual ilustram a quebra do triacilglicerol em ácido graxo e consequente ativação do ciclo do glioxilato e ciclo do ácido cítrico. Percebe-se aqui o domínio dos conceitos relacionados ao metabolismo de lipídios e sua relação com o metabolismo de carboidratos, concatenando os minicasos utilizados pela docente.

Em adição, relativamente ao estresse, uma das asserções de partida (A1) questiona como aquele pode influenciar o metabolismo de carboidrato. Encontra-se na asserção de passagem referências ao cortisol e à adrenalina, como uma possível referência ao aumento da produção hepática de glicose e ao aumento da glicemia.

Nosso olhar se volta para as asserções de passagem, pois, segundo Charaudeau (2016), no modo de organização argumentativo por mais que os fenômenos tenham uma explicação universal – como o metabolismo dos carboidratos – são percebidos através de duas filtragens: “a **experiência** individual e social do indivíduo, inscrito em

um quadro espacial e temporal determinado; e as **operações do pensamento** que constroem um universo discursivo de explicação, o qual depende de esquematizações coletivas” (CHARAUDEAU, 2016, p. 206). Importa então, buscarmos compreender em quais concepções paradigmáticas os estudantes se ancoram para construir os conceitos científicos.

O Quadro 14, apresenta de forma esquemática a ocorrência dos níveis biológicos e das concepções paradigmáticas dos esquemas conceituais. Utilizamos um “X” para marcar os níveis biológicos transitados por cada grupo. Em relação aos paradigmas, o uso das setas recursivas demonstra também o livre trânsito entre as formas de pensamento.

Quadro 14. Resultados da análise dos esquemas de minicasos

ETAPA DO MOMUP-PE	UNIDADE DE ANÁLISE	NÍVEL DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA							PARADIGMAS		
		Molécula	Célula	Tecido	Órgão	Sistema	Indivíduo	Ambiente	Cartesiano	Sistêmico	Complexo
Focamos em dois momentos distintos a fim de comparar a condução da construção dos conceitos ao longo da sequência didática	Esquemas conceituais elaborados pelos grupos de estudantes										
Integração dos Minicasos	Oxford	X	X						↔		
Integração dos Minicasos	Cairo	X							↔		
Integração dos Minicasos	Seul	X	X						↔		

Fonte: Elaborado por Renato Moul

Detectamos a ocorrência da assimilação dos conceitos por parte dos estudantes dos três grupos, a partir do momento em que utilizam os termos adequadamente aos seus contextos, ainda que cada esquema possua suas singularidades. Bem como, ainda que de forma incipiente, relacionam contextos diversos, sob a ótica da Bioquímica; e em outros momentos, se valem de um olhar mais pontual, cartesiano.

Por este motivo, não nos precipitamos em apontar apenas a perspectiva sistêmico-complexa dos conceitos científicos como correta, pois como afirma Souza (2015), embora essa perspectiva seja desejável, a compreensão dentro de uma perspectiva cartesiana não deve ser compreendida como um mal a ser extirpado. Nossa tentativa deve ser interligar o *linear* e o *sistêmico*, abrindo possibilidades para novas articulações com o que já sabemos.

Ao longo das atividades, a professora estimula os discentes a relacionarem diferentes contextos para explicação de um mesmo fenômeno. Através das desconstruções e reconstruções, esses estudantes puderam perceber as concatenações entre as variadas vias metabólicas e seus constituintes. Embora ainda com olhares cartesianos, ao compartimentalizar as informações de forma setORIZADA nos esquemas, compreendemos que todos os grupos apontam uma frutífera inserção no pensamento sistêmico. O que se assemelha aos dados obtidos por outros trabalhos envolvidos com as relações entre as concepções paradigmáticas e a construção de conceitos (MACÊDO, 2014; SOUZA, 2015; ANDRADE-MONTEIRO, 2016).

Assim, clarifica-se a importância do MoMuP-PE como uma proposta teórico-metodológica para a construção dos conceitos, lembrando que no processo *sistêmico-complexo* todos os conceitos são igualmente importantes, como em uma teia, “uma vez que os olhares e as articulações são diferenciados de acordo com a dimensão que cada um dá aos conceitos, considerando o contexto no qual estão inseridos” (BRAYNER-LOPES, 2015, p. 145). Importante ainda lembrar que ao longo dessa construção, os estudantes vivenciam a desconstrução (orientada e reflexiva) e reconstrução (articulada e paradigmática). Evidentemente que cada grupo, com seus componentes, apresenta especificidades no raciocínio, e ainda similaridades que evidenciam a aprendizagem dos conceitos. Essas similaridades estão resumidas em algumas expressões que aparecem em todos os esquemas e foram captadas a partir do olhar sobre a lógica argumentativa de cada grupo. As expressões recorrentes nas asserções de chegada que

remetem ao mesmo contexto sinalizado nas asserções de passagem, ou seja, do discurso implícito dos estudantes, estão resumidas no Quadro 15.

Quadro 15. Expressões presentes em todos as asserções de chegada.

Acetil - CoA	Cadeia transportadora de elétrons	Alimentação
Cetogênese	Lipídios	Ácido graxo
Lipólise	Ciclo do ácido cítrico	Exercícios

Fonte: elaborado pelo autor.

Sá (2017) ao debruçar-se sobre as atividades realizadas por estes mesmos sujeitos da pesquisa, percebeu que os estudantes articularam suas ideias, com base em referenciais teóricos que balizaram a construção de um sentido, a partir da asserção de partida (A1). Nestes processos a aplicação do conceito, segundo a autora, configurou um diferenciador na construção de sentidos. A linguagem elaborada caracterizou significados importantes na mobilização das ações mentais necessárias à assimilação conceitual, como foi possível observar nos modos de raciocínios desenvolvidos na realização da tarefa. Concordamos com a mesma, ao afirmar que a professora, como mediadora, utilizou vários orientadores na condução das discussões, permitindo que o estudante ora olhasse para o fenômeno no campo macroscópico, ora no campo microscópicos, chegando, em alguns momentos, a inferir argumentações com um grau de elaboração mais sofisticado. No entanto, as limitações impostas aos estudantes, em face do modelo de ensino-aprendizagem ofertado na escolarização, não privilegiam este tipo de olhar. Dentre essas limitações podem ser citadas a fragmentação dos conteúdos biológicos em áreas estanques ao longo das séries/anos, a hegemonia do professor como detentor do conhecimento, as inexistentes oportunidades de atividades crítico-reflexivas e o uso monotípico de recursos didáticos pelos docentes (geralmente quadro branco e piloto).

Seguidamente, a análise das travessias temáticas também faz parte do roteiro desta dissertação, haja vista que segundo Brayner-Lopes (2015), no MoMuP-PE, estas travessias orientam ou embasam a perspectiva de relações e a organização paradigmática dos conteúdos. Carvalho (2007) no MoMuP explica ainda que são realizadas a partir da escolha de um ou mais temas que estão presentes em minicasos diferentes, ou não – haja vista não serem obrigatórios. Muitas conexões estabelecidas ao longo dos minicasos ajudam na compreensão dos possíveis percursos para as reconstruções, estabelecendo analogias interessantes para compreender as reconstruções.

Partimos do pressuposto de que o conhecimento só é bem compreendido quando atravessado em várias direções, sob vários pontos de vista. Ou seja, aprende-se a partir do momento que se atravessa, em diversos sentidos, um mesmo objeto (SOUZA, 2015). Portanto, ensinar nesta perspectiva está diretamente relacionado à seleção de atividades e materiais que possibilitem a exploração multidimensional pelo aluno, sob uma condução especializada (CARVALHO, 2000).

Baseando-se na tese de Sá (2017), as travessias temáticas se deram ao longo de toda a disciplina – contexto desta pesquisa, envolvendo a docente e os estudantes. Delineamos nosso foco para as travessias temáticas existentes em uma atividade relacionada ao Metabolismo de Lipídios, a fim de acompanhar possíveis interações com o Metabolismo de Carboidratos. Justificamos nossa opção ainda devido à possibilidade de contribuir com a continuidade da investigação iniciada na tese - que não estendeu análises sobre as travessias temáticas desse trecho do MoMuP-PE. Nessa etapa, buscamos angular mais uma vez o olhar sobre as asserções de passagem e chegada, acompanhando e comparando com as (re) construções vivenciadas nos minicasos. A atividade sobre regulação da cetogênese contempla nosso objetivo de analisar concepções paradigmáticas e saltos entre níveis biológicos, pois impulsionam os estudantes a relacionar o metabolismo de carboidratos com outras vias metabólicas e/ou fenômenos biológicos.

Em determinado momento da disciplina, a docente disponibilizou um texto-base e solicitou aos estudantes que desenvolvessem esquemas conceituais que respondessem ao seguinte questionamento: *como e em quais condições o organismo recorre à cetogênese como um possível combustível metabólico?* Para os esquemas, foram disponibilizadas como sugestões as seguintes palavras:

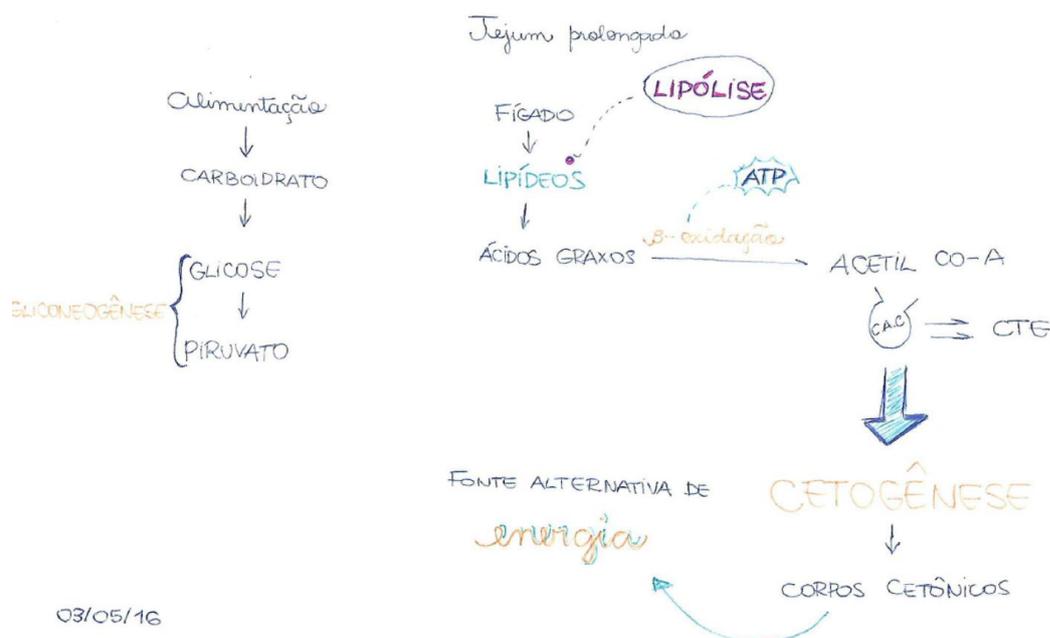
- ✓ Beta-oxidação dos ácidos graxos
- ✓ Lipólise
- ✓ Gliconeogênese
- ✓ Ciclo de Krebs
- ✓ Cadeia Transportadora de Elétrons
- ✓ Energia
- ✓ Jejum
- ✓ Ácidos graxos
- ✓ Carboidratos

Aplicando mais uma vez a ASD, procedemos com os resgates das expressões-chave e suas unidades de análise em quatro grupos que participaram desta atividade e que produziram esquemas representativos para a pesquisa.

O grupo Torrón põe a palavra cetogênese em destaque e não centralizada (figura 4). Mas inserida em uma via relacionada ao jejum prolongado (contexto dado para

análise), que se estende por todo o esquema. Ao lado, apresentam ainda a via principal relacionada à alimentação, porém sem ligações com a via alternativa, o jejum prolongado. Percebemos, porém, que o grupo quis explicitar uma comparação entre o que ocorre metabolicamente em caso de alimentação e em caso de jejum prolongado.

Figura 4. Travessia temática - Torrón.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

O metabolismo de carboidratos aparece ligado à alimentação e gliconeogênese, de forma linear, demonstrando o que ocorre no organismo em casos normais de alimentação, a quebra dos carboidratos em monômeros de glicose para consequente formação do piruvato. Esta via poderia ser ligada ao termo energia ou ainda ao fígado, pela glicogênese e glicogenólise. Mas os estudantes preferiram destacar a via do jejum prolongado, sinalizando a via da alimentação em paralelo. Neste caso de jejum, os estudantes demonstram reconhecer que para o organismo suprir a necessidade de glicose, ativa a lipólise (quebra de gordura), degradando triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol.

A cetogênese aparece para ilustrar a formação de corpos cetônicos a partir de uma seta azul destacada. Essa disposição dos termos revela que os discentes compreendem a distinção de duas vias que podem ser seguidas pela Acetil- CoA, a oxidação no Ciclo do ácido cítrico – presente no esquema – ou a conversão em

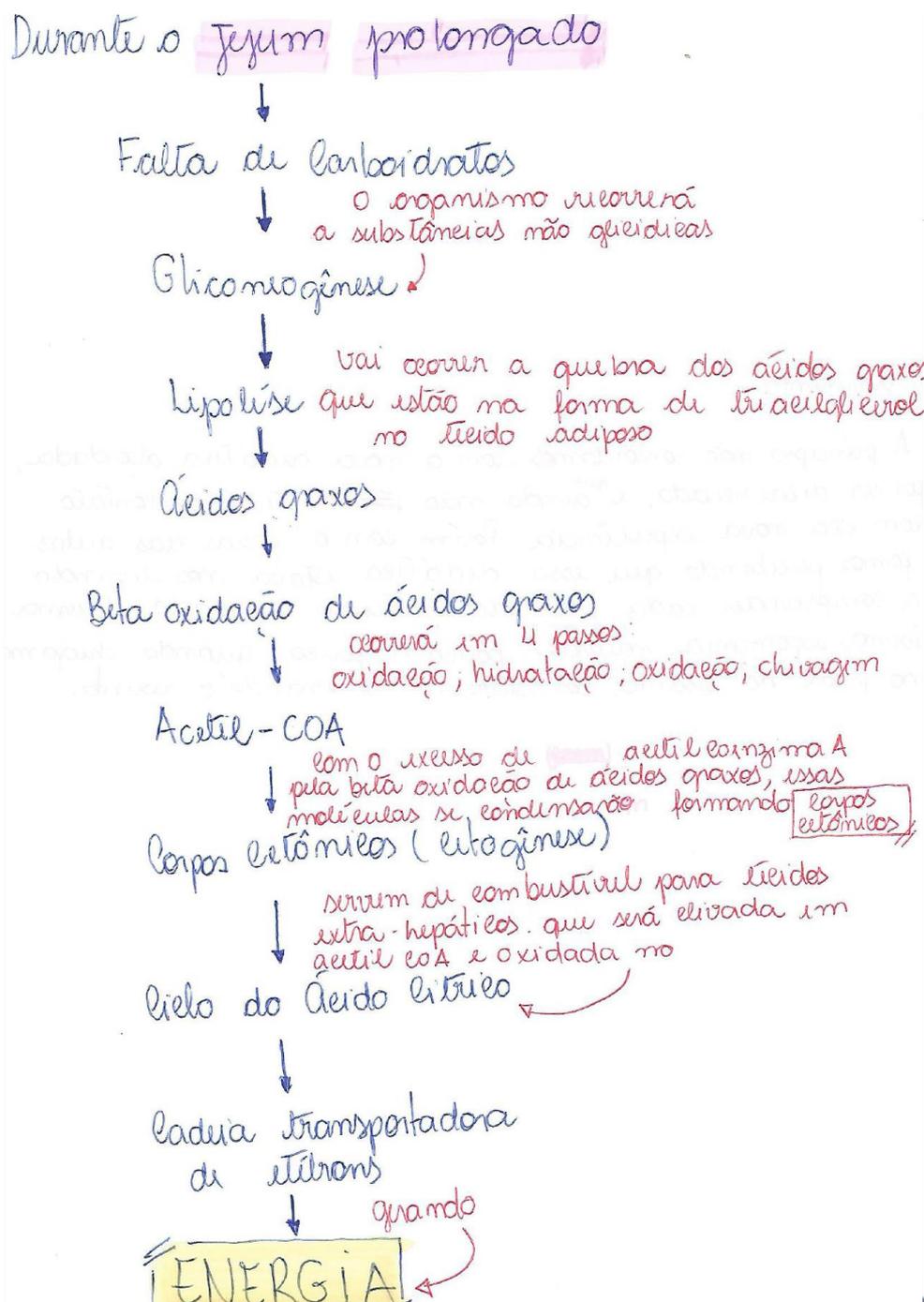
moléculas hidrossolúveis, que juntamente com a acetona formam os corpos cetônicos e providenciam energia para o cérebro em casos de baixa concentração de glicose.

A presença da palavra fígado se justifica pois no processo analisado a rota metabólica acontece nesse órgão, o que denota ainda um salto macroscópico a partir do qual os estudantes desenvolvem sua construção, em maior parte atrelada ao nível molecular. Decerto, mais uma vez, é compreensível esse pensamento voltado aos níveis moleculares, por se tratar de uma disciplina cujo foco é molecular. É importante que no ensino da BCM, os discentes sejam motivados ao livre trânsito entre os níveis biológicos, que segundo Andrade-Monteiro (2016), impulsiona a formação de sujeitos dispostos a inovar, transitando de perspectivas tradicionalistas rumo às novas propostas paradigmáticas.

Observa-se que a docente participante da pesquisa privilegia rotas metabólicas alternativas, proporcionando ao estudante alargar seu olhar além da percepção encaixotada de cada via, o que compromete a construção de conceitos em BCM. Ao analisar os esquemas, percebe-se claramente que os discentes buscam explicar os fenômenos, no mínimo, com um pensamento sistêmico, que (re) conhece a relevância do estudo das partes em interação com o todo.

O grupo Munique apresenta uma construção linear, reflexo do pensamento cartesiano, cujas vias metabólicas não se comunicam entre si. Essa linearidade parte do jejum prolongado – como causa – e segue até à energia, a consequência total. Neste esquema, contudo, encontramos os níveis tissular e orgânico, além do molecular, o que representa uma vai-e-vem próprio do pensamento complexo, entre as partes e o todo.

Figura 5. Travessia temática - Munique.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

Implicitamente em sua asserção de passagem, sempre coadunada com a asserção de partida (A1) da professora, percebemos que o grupo possui uma clareza maior quanto à cetogênese, ao afirmar que os corpos cetônicos formados são advindos do excesso de Acetil-CoA produzidos na β -oxidação. Compreendem também que os

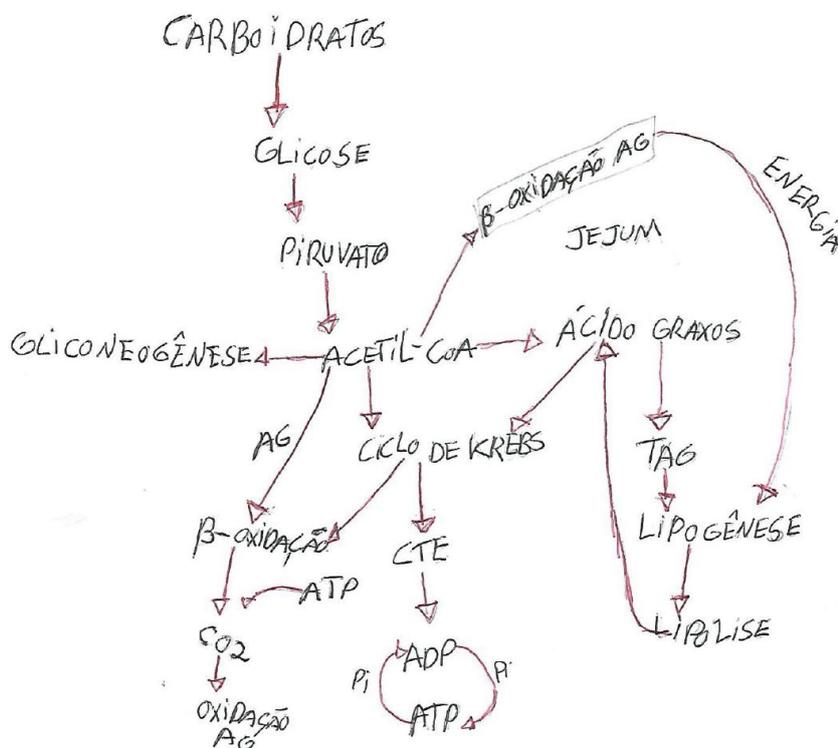
corpos cetônicos são destinados aos tecidos extra-hepáticos como fonte de energia. E ainda, de maneira similar ao grupo Torreón, encandeiam a construção a partir da lipólise culminando na obtenção de energia.

Destaca-se também o cuidado dos estudantes em explicar que as vias supracitadas ocorrem durante a falta de carboidratos, termo ligado de forma expedita à gliconeogênese, ainda legendada quanto à natureza das entidades moleculares, substâncias não glicídicas. Aqui encontramos o compromisso com a A1 que propõe a relação do metabolismo de lipídio com o metabolismo de carboidrato.

A linearidade contudo, não deve ser contemplada apenas como empecilho à aprendizagem, pois nesta asserção de passagem percebemos que os estudantes se preocupam em criar uma via que integre todas as palavras-chaves propostas pela docente. Por outro lado, não devemos sinalizar essa indicação prévia das palavras como causa da construção linear, haja vista que ao comparar-se as construções dos demais grupos, visualiza-se vias mais circulares e inter-relacionadas. Vale ressaltar ainda que este foi o único grupo que extrapolou seu esquema até ao nível biológico de indivíduo, o que demonstra a necessidade de analisar essas construções com um olhar angulado entre os níveis de organização biológica e as concepções paradigmáticas (ANDRADE-MONTEIRO, 2016; BRAYNER LOPES, 2015; SOUZA, 2015). A fim de não se cometer equívocos ao qualificar o tipo de pensamento observado em esquemas conceituais.

O próximo esquema representa a travessia temática envolvida ao grupo Belém, com uma construção que evidencia também as vias metabólicas (figura 6). A variedade e o formato das setas apontam a tentativa dos estudantes de expressar as interações entre as moléculas – que podem participar em mais de uma via metabólica ao mesmo tempo – e as reações químicas. O Ciclo de Krebs, por exemplo, de onde partem duas setas e chegam também mais duas e o Acetil-CoA com seis setas, representam bem essa necessidade de explicitar a interação entre as moléculas e reações.

Figura 6. Travessia temática – Belém.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

Percebe-se também a inserção do metabolismo de carboidratos nesta asserção de passagem, por meio do Acetil-CoA, interagindo com o metabolismo de lipídios. Através destas relações, se evidenciam as articulações conceituais realizadas pelos participantes da pesquisa.

Os discentes buscam ilustrar a ciclicidade na formação de ATP e sua consequente degradação para fornecimento de energia, ao explicarem o Ciclo de Krebs. Percebemos também a utilização do termo Jejum no canto superior direito. Ao redor dele, constroem uma asserção de passagem, implícita, que denota outra ciclicidade, ainda que não representada graficamente. Expõe a síntese de triacilglicerol a partir de ácido graxo e a formação desses a partir daqueles via lipólise.

Compreendemos ainda que o grupo Belém reconhece a centralidade do Acetil-CoA como substrato de distintas vias anabólicas e catabólicas, tanto de carboidratos quanto de lipídios. Não sendo em vão, cremos, sua localização central na figura.

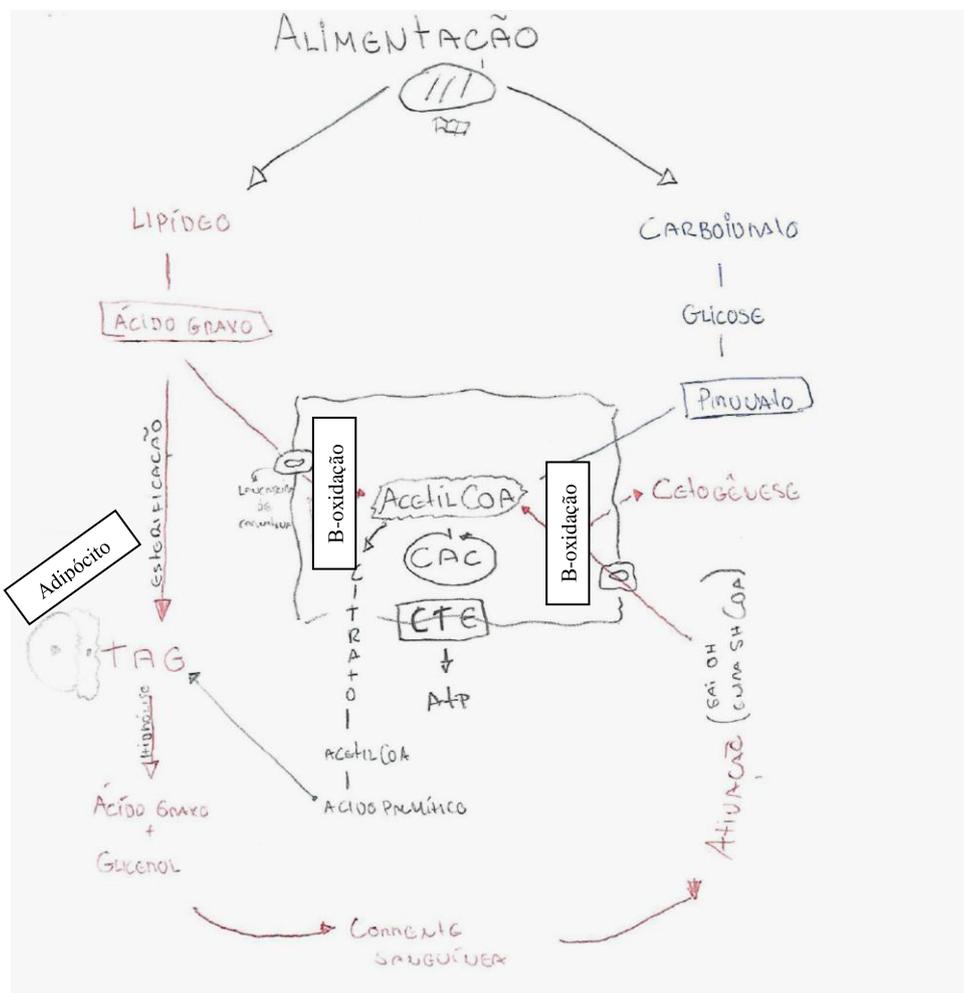
Mais uma vez, relembra-se que o MoMuP-PE tem como bases a Desconstrução (orientada e reflexiva) e a Reconstrução (articulada e paradigmática) conceituais

associadas à Travessia Temática, isto é, a multiplicidade de percursos para o estudo dos temas. Atribuindo ao estudante, segundo Carvalho (2011), um papel mais participativo durante as fases de desconstrução e reconstrução, pois o insere ativamente na compreensão do Caso. Destacando o papel do docente na organização do processo, por ter o conhecimento específico, o mesmo age como mediador permitindo o acesso a diferentes saberes. Assim, os estudantes, em suas atividades, são provocados a construir ideias no trabalho mediado e entre seus pares.

A partir dessas ideias e das travessias observadas, podemos entender que os estudantes não se apropriam dos conceitos científicos de forma estanque, mas desenvolvem uma nova forma de conceber os fenômenos moleculares, intercalando dinamicamente o conteúdo ao atravessar a paisagem em várias direções, como sinaliza a Teoria da Flexibilidade cognitiva (TFC) (SILVA et al. 2017; BRAYNER-LOPES, 2015).

No grupo Adelaide encontramos uma construção que traz os termos adipócitos e corrente sanguínea, além daqueles solicitados pela professora. À semelhança do grupo Torreón, apresenta o metabolismo de carboidrato em uma via distinta do metabolismo de gordura, que se encontram, porém, com o Acetil-CoA através da β -oxidação.

Figura 7. Travessia temática - Adelaide.



Fonte: Elaborado pelos discentes sujeitos da pesquisa

Embora a docente tenha disponibilizado apenas termos relacionados às vias metabólicas propriamente ditas, os estudantes desse grupo extrapolam os níveis moleculares previsíveis da construção. Um esquema que ilustra compartimentos específicos (uma via para lipídios, outra via para carboidratos, β -oxidação centralizada com Ciclo do ácido cítrico) porém comunicantes entre si.

Comparam na asserção de passagem, a quebra dos lipídios - na β -oxidação - e a quebra de carboidrato na glicólise culminando na formação de Acetil-CoA. Ilustram a lipogênese que recursivamente fornecerá substratos para a lipólise quando a concentração de glicose abaixar. Infere-se que os estudantes compreendem que todas

essas vias se congregam na formação de Acetil-CoA para a manutenção do ciclo do ácido cítrico e da cadeia transportadora de elétrons. Em sua asserção de passagem, infere-se que visualizam o fenômeno de forma integrada e articulada no organismo, ao ilustrarem a mitocôndria no centro – na qual ocorrem a β -oxidação e a respiração celular – e o percurso das moléculas através da corrente sanguínea.

Esta travessia temática transita livremente entre os níveis e entre as reações metabólicas, evidenciando um pensamento sistêmico-complexo (ainda que incipiente), com reelaborações das articulações consequente das desconstruções de cada minicaso, como pode ser encontrado em Sá (2017). As desconstruções realizadas de forma orientada e com alto grau reflexivo permitiram, de acordo com Brayner-Lopes (2015) a reconstrução de forma articulada e paradigmática.

O Quadro 16 apresenta de forma esquemática a ocorrência dos níveis biológicos e das concepções paradigmáticas dos esquemas conceituais relacionados às travessias temáticas.

Para detectarmos o processo de reconstrução ainda mais solidificado, necessita-se aplicar o conhecimento flexivelmente em vários contextos. O que foi permitido, graças às orientações promovidas pela docente ao longo da execução do MoMuP-PE em sua disciplina. Como afirma Sá (2017), o MoMuP-PE configura um ambiente de aprendizagem facilitador deste processo, por ser rico em momentos de mediação e interação que, a todo momento, instiga o estudante em suas atividades, a repensar um novo contexto para o conceito estudado. Assim é possível sucessivas reelaborações conceituais, reelaborações essas que caracterizam a perspectiva sistêmico-complexa.

Quadro 16. Resultados da análise dos esquemas de travessias temáticas

ETAPA DO MOMUP-PE	UNIDADE DE ANÁLISE	NÍVEL DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA						PARADIGMAS			
		Molécula	Célula	Tecido	Órgão	Sistema	Indivíduo	Ambiente	Cartesiano	Sistêmico	Complexo
Focamos em dois momentos distintos a fim de comparar a condução da construção dos conceitos ao longo da sequência didática	Esquema conceitual produzidos pelos estudantes										
Travessia Temática	Torréon	X			X				↔		
Travessia Temática	Munique	X		X			X		↔		
Travessia Temática	Belém	X							↔		
Travessia Temática	Adelaide	X	X			X			↔		

Fonte: Elaborado por Renato Moul.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se insere em um contexto de cooperação continuada com o grupo Biologia sistêmico-complexa, que há alguns anos vem se dedicando ao estudo de propostas metodológicas que promovam a (re) construção de conceitos em Biologia de forma articulada e reelaborada.

Sob esse contexto, o grupo de pesquisa acredita que tais conceitos são reconstruídos a partir da visão paradigmática que cada sujeito possui, refletindo também em sua prática pedagógica.

Por falar em licenciandos, esta dissertação traz um diferencial a partir do momento em que direciona seu foco para os estudantes da licenciatura em Biologia. Haja vista que, as pesquisas realizadas pelo grupo supracitado (BRAYNER-LOPES, 2015; SOUZA, 2015; ANDRADE-MONTEIRO, 2016) destinam seu olhar majoritariamente para as interações entre os docentes universitários.

Em adição, o trabalho também oferece um complemento singular ao mosaico previamente elaborado por Sá (2017), que desenvolveu sua análise com o olhar voltado à docente e aos discentes universitários. No entanto, dada a magnitude do MoMuP-PE, não poucos dados daquela tese careciam de ser analisados para complementar a discussão e colaborar com os objetivos do grupo de pesquisa.

Uma oportunidade salutar que permite fortalecermos nossos estudos sobre a importância de novas perspectivas paradigmáticas no seio da formação de professores, principalmente de Biologia, uma ciência multifacetada em seus variados níveis de organização.

Especificamente tratando do universo da Biologia Celular e Molecular, depreendemos que iniciativas que rompam o monopólio do paradigma vigente e possibilite perspectivas alternativas de ensino e aprendizagem, como o MoMuP-PE, viabilizam a construção de conceitos submicroscópicos e complexos. Os estudantes sujeitos da pesquisa nos momentos de reconstrução do Caso – ao longo das integrações dos minicasos - imergiram com profundidade no abstrato mar da Bioquímica metabólica.

Aliado à tese de doutorado em que nos baseamos para a realização deste trabalho, trazemos respostas mais esclarecidas sobre inquietações apontadas por Souza (2015), as interações discursivas implícitas nos discursos.

Haja vista que ao debruçar-se sobre as asserções de passagem do discurso argumentativo, foi possível analisar como os estudantes se posicionam na construção dos conceitos bioquímicos, em relação às suas impressões - as concepções paradigmáticas, ou mesmo o modo como veem a Ciência. Credo que observar a realidade vivenciada pelo outro auxilia a compreensão do processo de (re) construção dos conceitos.

Por este motivo, adotou-se nesta dissertação o cuidado em não rotular qualitativamente este ou aquele posicionamento de forma precipitada e não relacionada com o contexto no qual se insere. Tanto mais que se traz um traço identitário dos estudantes de Biologia, a fim de triangularmos suas expressões com as concepções que possuem em relação ao curso, à prática pedagógica e mesmo a ciência.

Seguidamente, observa-se a dificuldade que os participantes possuem de perceber as articulações entre os sistemas biológicos além de uma perspectiva linear e hierarquizada. No entanto, em outra direção, os mesmos participantes se mostraram dispostos a imergir em novas perspectivas paradigmáticas, apontando para uma forma incipiente da perspectiva sistêmico-complexa.

Efetivamente, a força da tradição escolar e acadêmica - com um pensamento profusamente amparado em concepções cartesianas - contribui para dificultar a livre transição entre os modos de pensamento. Contudo, o trabalho realizado pela docente sujeito da pesquisa revela que, ainda que com muito esforço, é possível adotar novas propostas metodológicas e romper com um pensamento unilateral e unidirecional.

Os discentes transitaram entre os níveis biológicos de acordo com suas impressões paradigmáticas, apresentando relativa dificuldade em transpor tais níveis. Mas, ao serem instigados a pensar de forma contextualizada, despertaram novas ligações entre as entidades biológicas, que por certo não apareceriam sob uma abordagem cartesiana, puramente.

Essa transição requer tempo para amadurecimento. Sobretudo, requer familiaridade com diversos tipos de conhecimento, mesmo a partir da educação básica. Docentes, pesquisadores e discentes devem ser estimulados a estender suas visões de mundo, de ciência, de educação além daquelas com as quais rotineiramente interagem. Para isso, todavia, é necessário ausentar-se da fortaleza do conhecimento que se domina e adentrar pelos fecundos campos do saber.

Ressalta-se aqui a relevância do MoMuP-PE como pressuposto teórico-metodológico para pesquisas em Ensino de Ciências, e mais especificamente em Ensino de BCM. Pois permite e promove a transição entre formas de pensamento, unindo e separando, um conhecimento que é global e total, com multiplicidade de domínios. Na interdependência entre linearidade e sistemicidade, inclui visualizações verticais e horizontais do todo e das partes no diálogo entre os tipos de conhecimento, com pluralismo de pontos de vista.

Reiteramos aqui o questionamento de Andrade (2016) sobre qual a repercussão da proposta paradigmática nas ações docentes. Novas pesquisas devem continuamente ser desenvolvidas a fim de detectarmos e compreendermos como esses licenciandos exercerão suas práticas pedagógicas enquanto docentes familiarizados com novas perspectivas paradigmáticas. Assentarão seu *modus operandi* em formatos pré-estabelecidos ou se dedicarão a fluida transição entre os níveis de organização biológica?

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.; PETRAGLIA, I.; DIAS, E. D. M.; QUEIROZ, J. J.; LORIERI, M. A. Pensamento complexo nos caminhos da educação. In: **Estudos da Complexidade**. São Paulo: Xamã, 2006.
- ALVES, A. J. O planejamento das pesquisas qualitativas em educação. **Cadernos de Pesquisa**, v. 77, p. 53 – 61, 1991.
- ANDRADE-MONTEIRO, A. S. F. Análise da mobilização de saberes docentes por professores de Biologia em uma perspectiva sistêmico-complexa. 2016, 182f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2016.
- ANDRÉ, M. E. Pesquisa, formação e prática docente. In: _____ (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. 4. ed. São Paulo: Papirus, 2005, p. 55 – 67.
- BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula. **Genética na escola**, v. 11, n. 1, p. 46 – 53, 2016.
- BANET, E.; AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. investigación y experiencias didácticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n.2, p.137-153, 1995. Disponível em <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n2p137.pdf>. Acesso em Out. 2015.
- BEHRENS, M. A. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 80, n. 196, p. 383 – 403, 1999.
- BEHRENS, M. A.; VIDAL, E. S. N.; MIRANDA, S. Formação de professores: a inter-relação da abordagens pedagógicas num paradigma emergente. In: EYNG, A. M.; JUNQUEIRA, S. R.; ENS, R. T. (Orgs.). **O tempo e o espaço na educação: a formação do professor**. Curitiba: Champagnat, 2003, v. 1, p. 45 – 57.
- BEHRENS, M. A.; OLIARI, A. N. T. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional à complexidade. **Diálogo Educacional**, v. 7, n. 22, p. 53 – 66, 2007.
- BEHRENS, M. A.; MORAN, J. M.; MASSETO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2012.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes, 2013.
- BEHRENS, M. A.; LOPES, A. R. R.; RIBAS, M. S.; DONATO, S. P. Ação docente no Ensino Superior: reflexões sobre paradigmas educacionais inovadores na prática pedagógica. In: X ANPED Sul, Florianópolis, 2014.
- BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO E. N.; MATSUMOTO, P. H. V. R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, v. 30, p. 187 – 199, 2008.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.
- BERTATO, F. M. O critério de demarcação de Popper e a filosofia da biologia de Mayr. **Ciência e Ensino**, v. 4, n. 1, p. 12 – 23, 2015.

- BERTICELLI, I. A. **Epistemologia e educação**: da complexidade, auto-organização e caos. Chapecó: Argos, 2006.
- BIERHALZ, C. D. K. Complexidade. **Revista Didática Sistêmica**, v. 2, p. 18 – 24, 2006.
- BLOOR, D. **Conhecimento e imaginário social**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- BOAVIDA, J. Epistemologia – complexidade e Ciência da Educação. *In*: J. Ferreira , & A. R. Simões (2008). **Complexidade**: um novo paradigma para investigar e intervir em educação?: actas do XV colóquio da Secção Portuguesa da AFIRSE. XV Colóquio da Secção Portuguesa da AFIRSE. Lisboa, 2007.
- BRASIL, Resolução 510 do Conselho Nacional de Saúde, CNS, **Diário Oficial da União**, n. 98, seção 1, p. 44 – 46, 2010.
- BRASIL. **Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias** / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, 2008. 135 p.
- BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Volume 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Semtec. Brasília: MEC, 2000.109 p.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 144 p.
- CACHAPUZ, A.; *et al.* (Orgs.). **A necessária renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMARGO, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação**. 35. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**: uma compreensão científica dos sistemas vivos. 9 ed. São Paulo: Cultrix, 2004.
- CARBONI, P. B.; SOARES, M. A. M.. **Genética molecular no ensino médio**. Portal Educacional do Estado do Paraná: Artigos, 2010. Disponível: < <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br> >. Acesso: Out. 2015.
- CARDOSO, S.; JÓFILI, Z.; CARNEIRO-LEÃO, A. M.; BRAYNER-LOPES, F. Proposta pedagógica para o uso do REDU articulado à TFC: investigando sua potencialidade para o estudo de conceitos biológicos complexos. *In*: IV Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação. **Anais Eletrônicos**, Recife, UFPE, 2012.
- CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; CARDOSO, S. C. S.; BRAYNER-LOPES, F. M.; JÓFILI, Z. M. S. Os paradigmas científicos de licenciandos de Biologia registrados a partir de um estudo sistêmico sobre os níveis de organização dos seres vivos. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 689-695, 2013.
- CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; MAYER, M. & NOGUEIRA, R. A. **Ensinando biologia numa perspectiva de complexidade**. *In*: JÓFILI, Z & ALMEIDA, A. V.

(Org). Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam. 2. ed. Ver. Ampl. Recife: UFRPE/SEnBio/Regional 5, 2010, 266 p.

CARVALHO, A. A. A. A Teoria da Flexibilidade Cognitiva e o Modelo Múltiplas Perspectivas. In: LEÃO, M. B. C. (Org.) **Tecnologias na educação: uma abordagem crítica para uma atuação prática**. Recife: UFRPE, 2011, p. 17-42.

CARVALHO, A. A. A. Abordar a complexidade através da desconstrução e da reflexão: implicações na estruturação de objectos de aprendizagem. In: **XV Colóquio AFIRSE – Complexidade: um novo paradigma para investigar e intervir em educação?**. Anais, Lisboa, 2008.

CARVALHO, M. C. M. **A construção do saber científico: algumas posições**. In: Metodologia científica - fundamentos e métodos: construindo o saber. Campinas: Papirus, 2008.

CARVALHO, A. A. A. A representação do conhecimento segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 13, n. 1, p. 169-184, 2000.

CERQUEIRA, B. R. S.; SOBRINHO, I. S. J.; PERIPATO, A. C. “Tá ligado?” Uma forma lúdica de aprender ligação gênica. **Genética na Escola**, v. 8, n. 12, p. 132 – 145, 2013.

CHAPEL, G.; MARZIN, P. Etude de connaissances d'élèves de seconde sur les mutations génétiques. **Sixiemes journées de l'ARDIST.**, 2009, Nantes, France. 9 p., 2009. Disponível em: < <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00593070>>. Acesso em Jan. 2016.

CHARAUDEAU, P. Uma teoria dos sujeitos da linguagem. In: Gláucia Lara; Ida Machado; Wander Emediato (Orgs.). **Análises do Discurso hoje**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira/Lucerna, vol. 1, p. 11-30, 2008.

CHARAUDEAU, P. Les stéréotypes, c'est bien. Les imaginaires, c'est mieux. In: BOYER, H. (Org.). **Stéréotypage, stéréotypes : fonctionnements ordinaires et mises en scène**. Paris: Harmattan, 2007.

CHARAUDEAU, P. **Discurso das mídias**. São Paulo: Contexto, 2006.

CHARAUDEAU, P. Une analyse sémiolinguistique du discours. **Langages**, v. 29, n. 117, p. 96- 111. Paris, 1995.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Revista Electrónica Enseñanza de Las Ciencias**. VII Congresso, Portugal, n. extra, p. 1-5, 2005.

CÔRREA-ROSADO, L. C. Teoria Semiolinguística: alguns pressupostos. **Memento**, v. 5, n. 2, p. 1 – 18, 2014.

DANNA, M. F.; MATOS, M. A. **Aprendendo a observar**. São Paulo: Edicon, 2006.

DESSEN, M. A. C.; BORGES, L. M. Estratégias de observação do comportamento em Psicologia do Desenvolvimento.. In: ROMANELLI, G.; BIASOLI-ALVES, Z. M. **Diálogos Metodológicos sobre prática de pesquisa**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1998. p. 31- 49.

DOLAN, E. L.; *et al.* Innovations in teaching and learning genetics. **Genetics Education**, California, v. 166, p. 1602-1608, 2004.

- EL HANI, C. N. Uma Ciência da organização viva: Organicismo, emergentismo e ensino de biologia. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). **Epistemologia e Ensino de Ciências**, p. 199 – 244. Salvador: Arcadia / UCSal.
- FABRÍCIO, M. F. L.; JOFÓLI, Z. M. F.; SEMEN, L. S. M.; LEÃO, A. M. A. C. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2006.
- FÁVERO, A. A.; TAUCHEN, G. Epistemologia da complexidade e didática complexa: princípios e desafios. **Revista Educação e Filosofia**, v. 27, n. 53, p. 175 – 192, 2013.
- FERREIRA, J. L.; CARPIM, L.; M. A. BEHRENS. Do paradigma tradicional ao paradigma da complexidade: um novo caminhar na educação profissional. **Revista Educação Profissional**, v. 36, n. 1, p. 51 – 59, 2010.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. **Ensaio: Pesquisa em educação em ciências**. 2004.
- FIGUEIREDO, J. A. O ensino de Botânica em uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade: propostas de atividades didáticas para o estudo das flores nos cursos de Ciências Biológicas. 2009. 88 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FRANCISCO, T. G. El nuevo paradigma de la complejidad y la educación: una mirada histórica. **Polis**, v. 9, n. 25, p. 183-198, 2010.
- FUJISAWA, D. S. **Utilização de jogos e brincadeiras como recurso no atendimento fisioterapêutico de criança**: implicações na formação do fisioterapeuta. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2000.
- GALLO, S. Disciplinaridade e transversalidades. In: CANDAU, V. M. (Org.). **Linguagens, espaços e tempos no ensinar e aprender**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.
- GIACÓIA, L. R. D. Conhecimento básico de genética: concludentes do ensino médio e graduandos de Ciências Biológicas. 2006. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2006.
- GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa**: projetos e relatórios. São Paulo: Edições Loyola, 2004.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
- GRÍGOLI, J. A. G.; TEIXEIRA, L. R. M. A prática pedagógica docente e a formação de professores. **Revista Série-Estudos**, n. 12, p. 109 – 122, 2001.
- GUEDES, K. C. S.; MOREIRA, S. T. Genetikando: usando seriados de TV e simulações de laboratório para ensinar Genética. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 20 – 27, 2016.
- JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 93 – 128, 2010.

- JOFILI, Z.; SÁ, R. G. B.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. A via glicolítica: investigando a formação de conceitos abstratos no ensino de Biologia. **Revista da SBEnBio**, v. especial, n. 3, p. 435 – 445, 2010.
- JORGE, M. M. A. O impacto epistemológico das investigações sobre complexidade. **Sociologias**, v. 8, n. 15, p. 24 – 55, 2006.
- KELLER, E. F. The century beyond the gene. **Journal of Biosciences**, v. 30, n. 1, p. 101 - 118, 2005.
- KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; PEDREIRA, M. M.; OLIVEIRA, S. F. Tirinhas no ensino de estrutura, função e conceito de gene. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 118 – 123, 2014.
- KOVALESKI, A. B.; PANSERA DE ARAÚJO, M. C. A História da Ciência e a Bioética no ensino de Genética. **Genética na Escola**, v. 8, n. 2, p. 154 – 167, 2013.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 2ª ed. , SP: Perspectiva, 1978.
- LEITE, M.. **Os alimentos transgênicos**. Publifolha (Folha Explica), São Paulo, 2000.
- LEITE, R. C. M. **A Produção Coletiva do Conhecimento Científico**: um exemplo no ensino de Genética. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 2, p. 177-195, 2000.
- LIMA, L.; COSME, A. Desafios da formação de professores num contexto de mudança paradigmática na Educação. **Intersaberes**, v. 13, n. 28, p. 65 – 76, 2018.
- LIMA, F. H. Um método de transcrições e análise de vídeos: a evolução de uma estratégia. In: VII Encontro Mineiro de Educação Matemática (VII EMEM), 2015, São João Del Rei. **Anais...São João Del Rei**: Universidade Federal de São João Del Rey, v. 7, p. 1 – 11, 2015.
- LIMA, L. C. A. O jogo da resposta ao dano no DNA. **Genética na Escola**, v. 9, n. 1, p. 46 – 55, 2014.
- LIMA, A. C.; *et al.* **O entendimento e a imagem de três conceitos**: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC.
- LIPMAN, M. **O pensar na educação**. Petrópolis: Vozes, 1995.
- LOPES, F. M. B. Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no Ensino Médio. 2007, 101f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2007.
- LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.3, n.1, p. 37-50, 2001.
- LUNA, S. V.O falso conflito entre tendências metodológicas. In: FAZENDA, I. (Org.). **Metodologia da pesquisa educacional**. São Paulo: Cortez, 2000.
- MAANEN, J. V. Reclaiming qualitative methods for organizational research: a preface. **Administrative Science Quarterly**, v. 24, n. 4, p. 520-526, 1979.

- MACÊDO, P. B. Investigando as relações sistêmicas homem-ambiente-teia alimentar à luz do Modelo das Múltiplas Perspectivas de Aprendizagem- MoMuP. 2014, 125f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2014.
- MACÊDO, P. B. ; BRAYNER-LOPES, F. M. ; SOUZA, A. F. ; JOFILI, Z. M. S. ; CARNEIRO-LEAO, A. M. A. . Homem-Ambiente-Teia alimentar: construção de conceitos sistêmico-complexos mediados semioticamente por vídeos. In: **X ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, 2015, Águas de Lindóia. X ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, 2015. p. 1-8.
- MACHADO, I. Uma teoria de análise do discurso: a semiolingüística. In: Hugo Mari; Ida Machado; Renato Mello (Orgs.). **Análise do discurso: fundamentos e práticas**. Belo Horizonte: NAD/FALE/UFMG, p. 39-62, 2001.
- MACHADO, V. M. Em busca de uma didática da complexidade. **Rev. Elet. Do Mestrado em Educação Ambiental**, v. esp., p.110 – 133, 2004.
- MALINOWSKI, B. **Argonautas do Pacífico Ocidental**. São Paulo: Abrail, 1984.
- MANZINI, E. J. **Considerações sobre a transcrição de entrevistas**. Observatório Nacional de Educação Especial (Oneesp). UFSCar, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.oneesp.ufscar.br/texto_orientacao_transcricao_entrevista> Acesso em Dez. 2017.
- MANZINI, E. J. Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada. In: MARQUEZINE: M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE; S. (Orgs.) **Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial**. Londrina:eduel, 2003. p.11-25.
- MARIOTTI, H. A técnica do zoom: entre o foco e a periferia. **Revista BSP**, v. 3, n. 1, p. 1 – 6, 2012.
- MARIOTTI, H. **Pensamento complexo: suas aplicações à liderança, à aprendizagem e ao desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atlas, 2007.
- MARIOTTI, H. **As paixões do ego: Complexidade, política e solidariedade**. 3 ed. São Paulo: Palas Athena, 2000.
- MATUCHESKI, F. C. Os papéis dos professores dentro dos paradigmas educacionais. In: VIII EDUCERE, **Anais**, PUCPR, Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.pucpr.edu.br/eventos/educere/educere2008/anais/pdf/378_162.pdf>.
- MATURANA, H.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. Campinas: Psy II, 1995.
- MAYR, E. **Biologia, Ciência Única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MEGLHIORATTI, F. A.; EL – HANI, C. N.; CALDEIRA, A. M. A. O conceito de organismo em uma abordagem hierárquica e sistêmica da biologia. **Revista da Biologia**, v. 9, n. 2, p. 7 – 11, 2012.
- MELO, J. R.; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência e Educação**, v.15, n. 3, p. 593–611, 2009.
- MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

- MORAES, M. C. **O Paradigma educacional emergente**. 16 ed. Campinas: Papirus, 2012.
- MORIN, E. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. São Paulo: Cortez, 2002.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.
- MORIN, E. **O Método II: a vida da vida**. Porto Alegre: Sulina: 2001.
- MORIN, E. Por uma reforma do pensamento. In: PENA-VEGA, Alfredo e NASCIMENTO, Elimar Pinheiro (org.). **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 1999.
- MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- MOURA, J.; DEUS, M. S. M.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas do Brasil – breve relato e reflexão. **Semina**, v. 34, n. 2, p. 16 – 174, 2013.
- MUELLER, P. H.; ENDLICH, E.; MACIEL, V. C. C.; CAMAS, N. P. V. Paradigmas educacionais e a prática pedagógica: uma proposta de reconfiguração da docência. In: XII Congresso Nacional de Educação, **Anais do XII EDUCERE**, Curitiba, Puc-PR, 2015.
- MURPHY, N. Ação divina, emergência e explicação científica. In: HARRISON, P. (Org.). **Ciência e Religião**, p. 307 – 326. São Paulo: Ideias e Letras, 2014.
- NASCIMENTO, K. O.; MELO, P. S. L. A prática pedagógica dos professores de apoio pedagógico especializado- APE: paradigmas conservadores e inovadores na educação. In: IV Fórum Internacional de Pedagogia, IV FIPED, **Anais**, Campina Grande: Editora Realize, 2012.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, v. 5, n. 1, p. 9 – 29, 2010.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.
- NÓVOA, A. **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.
- PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. v.7, número especial, 2005.
- PAPON, P. Paradigmas científicos e concepções do mundo. Feedback peramente entre ciência e sociedade. In: PESSIS-PASTERNAK, G. (Org.). **A ciência: Deus ou o diabo?** São Paulo: Editora UNESP, 2001.
- PATTON, M. **Qualitative evaluation methods**. Bervely Hills: Sage Publications, 1986.
- PEDRANCINI, V. D.; *et al.* Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6 , n. 2, pp. 299-309, Maringá, 2007.
- PEREIRA, A. F. Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição de conceitos básicos da Genética utilizando jogos didáticos. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2008.

- PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: Casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A. D.; HETKOSWSKI (Orgs). **Educação e contemporaneidade**: pesquisas científicas e tecnológicas. Salvador: EDUFBA, 2009, p. 109-131.
- PETRAGLIA, I. **Pensamento complexo e educação**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.
- PIENTA, A. C. G.; BERTICELLI, D. D.; GASPAR, M. D. R.; BEHRENS, M. A. Educação, formação profissional docente e os paradigmas da ciência. **Olhar do professor**, v. 8, n. 2, p. 93 – 106, 2005.
- PIETROBON, S. R. G. A prática pedagógica e a construção do conhecimento científico. **Práxis educativa**, v. 1, n. 2, p. 77 – 86, 2006.
- PINHEIRO, E. M.; KAKEHASHI, T. Y.; ANGELO, M. O uso de filmagem em pesquisas qualitativas. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 5, p. 717-722, 2005.
- REZENDE, F.; COLA, C. S. D. Hipermissão na educação: flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 2, p. 1 – 11, 2004.
- RODRIGUES, Z. A. L. Paradigma da ciência, do saber e do conhecimento e a educação para a complexidade: pressupostos e possibilidades para a formação docente. **Revista Educar**, n. 32, p. 87 – 102, 2008.
- SÁ, R. G. B.; JÓFILI, Z. M.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. A educação científica e seus desafios na contemporaneidade. In: **IV ENEBIO e II EREBIO**, Goiânia, Anais da SBenBio, 2012.
- SANTIN, E. Z.; MAITO, V. P. A prática pedagógica frente à crise dos paradigmas educacionais. In: X Congresso Nacional de Educação, X EDUCERE, **Anais**, Curitiba, PUCPR, 2011.
- SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 37, p. 71 – 84, 2008.
- SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. 7ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.
- SANTOS, C. N. P. *et al.* Influências de estratégias inovadoras na prática docente no ensino de Biologia. In: **Formação de professores**: estratégias inovadoras no Ensino de Ciências e Matemática. Oliveira, M. M. (Org.) Recife: UFRPE, p. 141 – 171, 2012.
- SANTOS, I. G. S.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; NASCIMENTO, J. M.; SILVA, M. C. M.; ARAÚJO, R. V. G. Representações conceituais sobre a teoria da flexibilidade cognitiva e o pensamento sistêmico por mestrandos em ensino das ciências. In: **VIII ENPEC**, Anais, Campinas, 2011.
- SCHEID, N. M. J.; *et al.* A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.
- SCHUNEMANN, H. E. S.; *et al.* **Metodologias Ativas de Ensino**: Um instrumento significativo no ensino aprendizagem de genética. XVI ENDIPE - Encontro Nacional e Prática de Ensino, 2012. Disponível em: < <http://www2.unimep.br/endipec/1486p.pdf> >.
- SHAPIN, S. **Nunca pura**: Estudos históricos da Ciência como se fora produzida por pessoas com corpos, situadas no tempo, no espaço, na cultura e na sociedade e que se empenham por credibilidade e autoridade. Campina Grande: Eduerp, 2013.

SILVA, V. F. Investigando estratégias e aportes teóricos para a apropriação do conceito de expressão gênica. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Educação, Recife, 2011.

SILVA, M. **Complexidade da formação de professores**: saberes teóricos e saberes práticos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

SOUSA, T. F.; NEVES AGUIAR, A. L.; FRANÇA, B. S.; REIS, R. Paradigmas educacionais e a prática pedagógica. In: **V Semana Acadêmica**, Uberlândia, UFF. 2008. Disponível em: <<https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2008/PDF/SA08-20176.PDF>>

SOUZA e SILVA, V. L. Contribuições dos princípios da complexidade no processo de aprender biologia na formação inicial de professores. In: **IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Girona, Comunicación, p. 3287 – 3291, 2013.

SOUZA, A. F. Relações discursivas na compreensão de processos biológicos sistêmico-complexos em uma rede social: contribuições para a formação do docente universitário. 2015, 187f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) –, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2015.

SOUZA, A. F. ; BRAYNER-LOPES, F. M. ; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. . Tirinhas de Garfield como proposta de compreensão do mecanismo alimentar em uma perspectiva sistêmica: análise do discurso de graduandos. In: **II Colóquio Internacional de Pesquisa em Educação Superior: Formação de Professores e Ensino por Competências**, 2014, João Pessoa. Anais II Colóquio Internacional de Pesquisa em Educação Superior: Formação de Professores e Ensino por Competências. João Pessoa: UFPB, 2014. v. 1. p. 1-20.

SPIRO, R.; FELTOVICH, P.; JACOBSON, M.; COULSON, R. Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. **Educational Technology**, v. 31, n. 5, p. 24-33, 1991.

SPIRO, R.; JEHNG, J. Cognitive Flexibility and Hypertext: theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In: NIX, D.; SPIRO, R. (Eds.), **Cognition, Education, and Multimedia**: Exploring Ideas in High Technology. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1990.

SPIRO, R.; COULSON, R.; FELTOVICH, P.; ANDERSON, D. Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In: **Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, p. 375-383, 1988.

SPIRO, R.; VISPOEL, W.; SCHMITZ, J.; SAMARAPUNGAVAN, A.; BOERGER, A. Knowledge Acquisition for Application: Cognitive Flexibility and Transfer in Complex Content Domains. In: BRITTON, B. C.; GLYNN, S. M. (Eds.). **Executive Control in Processes in Reading**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, p. 177-199, 1987.

SUASSUNA, L. Pesquisa qualitativa em Educação e Linguagem: histórico e validação do paradigma indiciário. **Perspectiva**, v. 26, n. 1, p. 341 – 377, 2008.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 6ª ed. Petrópolis: Vozes, 2006.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência.** 8ª ed. Campinas: Papyrus, 2009.

VESTENA, R. F.; LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. Heredogramas dos estudantes: das anágrafes paroquiais para a escola. **Genética na Escola**, v. 8, n. 2, p. 114 – 123, 2013.

VIEGAS FERNADES, J. **Saberes, competências, valores e afectos necessários ao bom desempenho profissional do (a) professor (a).** Lisboa: Plátano Editorações, 2001.

WEBER, M. A. L.; BEHRENS, M. A. Paradigmas educacionais e o ensino com a utilização de mídias. **Intersaberes**, v. 5, n. 10, p. 245 – 270, 2010.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZAMBIASI, José Luiz. **Do racional-positivismo ao construcionismo científico.** In: TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini. **Ensino de Ciências: pesquisas e reflexões.** Ribeirão Preto: Holos, 2006.

ZANATTA, J. A.; COSTA, M. L. Algumas reflexões sobre a pesquisa qualitativa nas ciências sociais. **Estudos e Pesquisa em Psicologia**, v. 12, n. 2, p. 344 – 359, 2012.

WITTGENSTEIN, L. **Tratado Lógico-Filosófico: Investigações Filosóficas.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1987

APÊNDICE – MODELO DE TCLE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, **RISONILTA GERMANO BEZERRA DE SÁ**, doutoranda em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde 2013.2, no momento estou desenvolvendo a pesquisa intitulada “CONCEITOS EM BIOLOGIA: da Escola Soviética de Psicologia ao Modelo das Múltiplas Perspectivas (MOMUP-PE), sob a orientação das Professoras Dra. Zélia Maria Soares Jófili, e Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão. O objetivo deste estudo é Investigar, se as fases do MOMUP-PE apresentam os componentes necessários para a realização das tarefas propostas em sala de aula, envolvendo conceitos complexos e abstratos no ensino de Biologia, constituindo a base materializada necessária para a apropriação do objeto de assimilação.

Assim, solicito a sua colaboração ativa nesta pesquisa, ressaltando que: (1) a participação não é obrigatória; (2) as atividades constarão do acompanhamento e avaliação do processo cognitivo envolvendo a construção de conceitos em Biologia sob a luz da Psicologia Cognitiva da Escola Soviética, vivenciado na aplicação do MOMUP-PE (Movimento das Múltiplas Perspectivas – Pernambuco); (3) as interações e discussões desenvolvidas durante o processo serão registradas, preservando-se a identidade dos participantes; (4) serão realizadas entrevistas gravadas com todos os participantes sobre a experiência vivenciada em sala de aula e avaliação do trabalho realizado.

Informo que as gravações ficarão à disposição dos participantes ou responsáveis. A qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento e sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a Universidade. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Solicito a devolução deste documento assinado.

=====

Dados da Pesquisadora:

Risonilta Germano Bezerra de Sá
Fone: (81) 3432-2671 2 ou (81) 994213520
Email:risogermano@gmail.com

=====

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na presente pesquisa e concordo em participar.

Recife, _____.

Nome completo do Participante

Assinatura

Endereço

Telefone: _____

E-mail: _____