UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Biociências
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade de Educação

**O explicar: a explicação humana na perspectiva do observador como ser
biológico e cultural**

HERBERT GOMES DA SILVA

SÃO PAULO
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Biociências
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade de Educação

**O explicar: a explicação humana na perspectiva do observador como ser
biológico e cultural**

HERBERT GOMES DA SILVA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Elena Infante-
Malachias

Dissertação de mestrado apresentada ao
Instituto de Biociências, Instituto de Física,
Instituto de Química e Faculdade de Educação
da Universidade de São Paulo, para a obtenção
do título de Mestre em Ensino de Ciências.

São Paulo
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES TRABALHOS, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE. A REPRODUÇÃO COMERCIAL, EM TODO OU QUALQUER PARTE EM MEIO, SOMENTE É PERMITIDA COM A EXPRESSA AUTORIZAÇÃO ESCRITA DO AUTOR.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Silva, Herbert Gomes da

O explicar: a explicação humana na perspectiva do observador como ser biológico e cultural. - São Paulo, 2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof^a Dr^a Maria Elena Infante-Malachias

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Unitermos: 1. Biologia; 2. Interação Professor-Aluno; 3. Filosofia das Ciências; 4. Linguagem.

USP/IF/SBI-087/2012

SILVA, Herbert Gomes da

O explicar: a explicação humana na perspectiva do observador como ser biológico e cultural

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: L2 – História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. : **Maria Elena Infante-Malachias**

Instituição : EACH - USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. : **Thomás Augusto Santoro Haddad**

Instituição: EACH - USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof^a. Dr^a. : **Maria Elice de Brzezinski Prestes**

Instituição: IB - USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dedico a Vestina, Marlene, Bartolomeu,
Valéria e Bartolomeu Junior que me
coinspiraram a vida.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Maria Elena Infante-Malachias, orientadora, que confiou e permitiu a expressão da minha autoria, ressignificando o que é aprender na linguagem e em um relacionamento acadêmico coinspirador de carinho que transcende o viver acadêmico. Tornou-se cúmplice e amiga em minhas idéias a respeito da Biologia do Conhecer e da vida.

A minha mãe Marlene, agradeço e dedico cada palavra e linha escrita nesta pesquisa, obrigado por fundamentar o meu ser durante toda a minha vida, pela mão segura nos momentos precisos e pela liberdade com que me ensinou sonhar, agradeço com todo amor que um filho pode ter por sua mãe. Dela vem o meu prazer pelo conhecimento.

Amorosamente ao meu pai, Bartolomeu, pela cumplicidade e incentivo constante, este também é seu.

A minha Vó Vestina, que assim como a minha mãe, segurou na minha mão nos momentos mais importantes da minha vida, obrigado pelo seu amor.

Aos meus irmãos Valéria e Júnior, amigos, parceiros, coinspiradores da vida e do amor fraternal que nada irá nos separar, dividimos a mesma alma.

A Leandro pelo paciência, amor, carinho e compreensão nas horas mais tortuosas desta escrita e da vida, as quais nem sempre foram fáceis de serem enfrentadas, meu obrigado.

Ao meu amigo-irmão Evandro, que como agora, nossos sonhos se compartilhem sempre e que nossos caminhos não se percam de vista um do outro.

A Roseli e Antônio, não haveriam palavras suficiente à amorosidade de vocês e a importância nessa caminhada.

A todos os pesquisadores e professores do grupo de pesquisa, em especial a Jacque, a Kêmile e a Amanda, coinspiramos mantendo nossa autopoiesis, muito obrigado pelas conversas “maturanescas”.

Aos meus amigos Claudia, Valdirene, Hobert e Dioclésio com todo carinho e amor que merecem.

Ao Professor Maturana que me recebeu carinhosamente e compartilhou de seus ensinamentos sem poupar altruísmo e palavras.

Aos amigos e familiares que de alguma forma me apoiaram, e a todos os meus professores que de alguma maneira estão neste texto representados.

*Eu ficarei bem satisfeito se os que quiserem me fazer objeções não se apressarem, e se eles se esforçarem para entender tudo o que escrevi antes de me julgarem por uma parte: pois **o todo se sustenta e o fim serve para demonstrar o começo.***

Descartes (Lettre à Mersenne)

RESUMO

SILVA, Herbert Gomes da. **O explicar: a explicação humana na perspectiva do observador como ser biológico e cultural**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Ensino de Biologia) Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

Nesta pesquisa estudamos e defendemos o fenômeno do explicar a partir da perspectiva do observador. O sistema conceitual que ressalta o observador como ser biológico e cultural fundamenta-se na Teoria da Biologia do Conhecer de Humberto Maturana e Francisco Varela. A explicação é um fenômeno humano e ao mesmo tempo biológico que só existe quando é aceito pelo observador. A interação é possível quando a constituição biológica do observador permite a perturbação do meio externo à sua dinâmica interna, relacionada diretamente ao sistema nervoso que funciona em clausura operacional. O observador é um ser autopoiético, e por isso, sofre constantes modificações de sua estrutura nos processos interacionais da *práxis* do viver sem, no entanto, perder a sua identidade. Quando acontece de mais de um observador interagir e se modificar mutuamente, além de estar em acoplamento estrutural, passam a conviver e possuir um conjunto de comportamentos que dependem dessa história coletiva (ontogenia). Para ilustrar modelos de explicações aceitas, coletamos enunciados com estudantes do 9º ano do ensino fundamental em uma escola pública de São Paulo. Dos enunciados, foi possível criar categorias que demonstraram a existência de elementos nas explicações dos estudantes oriundos do contexto da *práxis* do viver, o que indicaria que o ensino de ciências deve refletir sobre esse como elemento fundamental para referenciar a linguagem e os métodos de ensino, tornando a ciência como algo natural ao fazer de seus observadores que buscam conhecer aquilo que esta no fazer dos cientistas, pois “Todo fazer é um conhecer, e todo conhecer é um fazer”. O observador autopoiético está na relação indissociável entre linguagem, constituição biológica e cultura.

Palavras-chaves: Explicar, Interação, Linguagem, Biologia do Conhecer, Ensino de Ciências.

ABSTRACT

SILVA, Herbert Gomes da. **The explain: the human explanation in perspective of the observer as a biological and cultural being.** 2012. Dissertation (Master of Science Education – Biology Education) Institute of Biosciences, Institute of Physics, Institute de Chemistry and School of Education of University of São Paulo. São Paulo, 2012.

In this research we study and defend the phenomenon of the explain from the observer's perspective. The conceptual system that emphasizes the observer as a biological and cultural being based on the Theory of the Biology of Knowledge by Humberto Maturana and Francisco Varela.

The explanation is a human phenomenon and simultaneously biological that only exists when is accepted by the observer. The interaction is possible when the biological constitution of the observer allows an interference of the external environment to his internal dynamics, directly related to the nervous system that operates on operational clausura. The observer is an autopoietic being, therewith suffers constant changes in his structure in the interactional processes of the praxis of the living, and yet, no losing his identity. When there is more than one observer that interacts and modifies each other, besides being in a structural coupling, they begin to live and have a set of behaviors that depend on their collective history (ontogeny). To illustrate models of accepted explanations has been collected statements with students of the 9th elementary grade of a public school in Sao Paulo. From that statements, it was possible to create categories that demonstrated the existence of elements in the students' explanations from the context of the praxis of the living, which would indicate that the education of science should reflect on it as a key element to reference the language and teaching methods, making science as something natural to make its observers who seek to know what is on scientists doings, because "All doings is a knowledge, and all knowledge are doings". The autopoietic observer is in an indissociable relationship between language, biological constitution and culture.

Keywords: To explain, Interaction, Language, Biology of Cognition, Science education.

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I – A EXPLICAÇÃO: UM FENÔMENO HUMANO DISTINGUÍVEL	13
1.1 A LINGUAGEM: ONDE SE CONSTROEM AS EXPLICAÇÕES	17
1.2 UMA EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA NO FENÔMENO DO EXPLICAR	20
1.2.1 <i>A importância do paradigma</i>	22
1.3 UMA EPISTEMOLOGIA PARA A EXPLICAÇÃO A PARTIR DO OBSERVADOR	27
1.3.1 <i>O observador</i>	28
1.3.2 <i>A contabilidade lógica</i>	30
1.3.3 <i>O observador e o meio</i>	32
1.3.4 <i>Um método de validação da explicação</i>	35
1.4 A PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA A PARTIR DA BIOLOGIA DO OBSERVADOR	39
1.4.1 <i>A objetividade entre parênteses</i>	44
CAPÍTULO II – CONSTITUIÇÃO BIOLÓGICA DO OBSERVADOR.....	48
2.1 A BIOLOGIA É UMA CIÊNCIA SISTÊMICA	49
2.2 O DETERMINISMO ESTRUTURAL	52
2.3 A ONTOGENIA	55
2.4 A UNIDADE DE PRIMEIRA ORDEM	56
2.4.1 <i>A organização do ser vivo: Autopoiesis</i>	59
2.5 A UNIDADE DE SEGUNDA ORDEM	62
2.5.1 <i>Acoplamento estrutural</i>	64
2.6 O OBSERVADOR COMO METACELULAR: COMPORTAMENTO E SISTEMA NERVOSO	70
2.6.1 <i>O sistema nervoso e o comportamento como manifestação observável</i>	73
2.6.2 <i>Clausura operacional do sistema nervoso</i>	78
2.6.3 <i>Ontocória e procória: percepção de perturbações</i>	80
CAPÍTULO III – OBSERVANDO O OBSERVAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS	83
3.1 DESCREVENDO A EXPERIÊNCIA	84
3.2. REFLEXÃO SOBRE OS DADOS OBTIDOS: OS ENUNCIADOS DA PRIMEIRA PERGUNTA	89
3.2.1 <i>Enunciados da segunda pergunta</i>	98
3.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA EXPERIÊNCIA	102
CAPÍTULO IV – O CONHECER A PARTIR DA BIOLOGIA E DA CULTURA	104
4.1 A INTERAÇÃO DO OBSERVADOR: UM MODELO TEÓRICO	105
4.1.1 <i>Processos interacionais primários</i>	106
4.1.2 <i>Processos interacionais secundários</i>	109
4.1.3 <i>Processos interacionais terciários</i>	111
4.2 O DOMÍNIO LINGÜÍSTICO.....	114
4.3 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO DOMÍNIO DAS CONDUTAS ONTOGÊNICAS E LINGÜÍSTICAS.....	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS	126
ANEXOS	129
ANEXO I – ENUNCIADOS DA EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES – RESPOSTAS A PRIMEIRA PERGUNTA.	129
ANEXO II –ENUNCIADOS DA EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES – RESPOSTAS A SEGUNDA PERGUNTA.	136
ANEXO III – AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA	143

INTRODUÇÃO

Na construção de concepções sobre os fenômenos biológicos durante uma aula, as reflexões dos estudantes e do professor envolvem a estrutura cognitiva durante a ação do conhecer. O conhecer é natural de todos os seres vivos, o que diferencia o conhecer humano, é o ato de refletir. E ainda, o conhecer humano, além do refletir possui uma manifestação fundamental ao ensino de ciências: o explicar.

Esta dissertação é da linha de pesquisa da “História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências”. Nela buscamos entender como o homem cria suas explicações a partir de sua constituição biológica e cultural e como o produto da interação do próprio homem tornou possível a existência das concepções a respeito de um objeto de estudo, suas reflexões e as nomeações das quais a própria ciência e o ensino estão incluídas.

Direcionamos o texto a professores e investigadores da área do conhecimento de ensino de ciências, e particularmente ao ensino de biologia como uma perspectiva teórica do fenômeno “explicar”. Apesar de o ensino de ciências ser tratado como antecedente ao texto, a fundamentação teórica possui uma natureza cíclica, pois busca a compreensão de como ele surge a partir do sujeito que conhece, e que após conhecer, formalizam na linguagem os fenômenos da natureza, que resultam nos conteúdos do ensino.

O *corpus* que apresentamos como fundamentação cerne da dissertação é oriundo de estudos da Teoria do Conhecer de Humberto Maturana e Francisco Varela. O qual ressignificamos pela *práxis* do viver e a partir de muitas reflexões a respeito da existência humana no Fazer das ciências da natureza.

A condição humana é única enquanto ser vivo no planeta Terra. Somos capazes de interagir, comunicar e escrever nossa própria história. Podemos também investigar a própria origem de nossas explicações e é aqui onde nos deparamos com a pergunta fundamental deste texto: Como se constrói uma explicação no fazer humano?

Sublimaremos a nossa constituição biológica como fenômeno que faz surgir à linguagem, o ensino de ciências, as ciências da natureza, a *práxis* do viver e os fundamentos que constroem a explicação. Como fenômeno biológico, somos seres autopoieticos e por isso, nesta pesquisa, enalteçemos a biologia evolutiva histórica, a neurobiologia e a cognição, para

tentar compreender como os processos interativos e o realizar do ser vivo pela autopoiesis permitem o conhecer e o explicar.

Na *práxis* do viver acontecem sucessivas recorrências de fenômenos naturais, que observamos de uma maneira particular pelos critérios científicos. A constituição biológica que pode ser determinada por essa *práxis* desencadeia modificações no ser humano que resultam em uma história particular, que nos posicionam em uma perspectiva única em relação ao mundo através do nosso fazer, que é legítima para quem a construa. Maturana e Varela (2001, p. 33) afirmam: “Fazer surgir um mundo é a dimensão palpitante do conhecimento e estar associado às raízes mais fundas de nosso ser cognitivo, por mais sólida que seja a nossa experiência”. Estas perspectivas sobre o nosso ser cognitivo incorrem no ensino de ciências, pois os cientistas possuem uma história particular que os constituiu.

Desse modo, investigar o ensino de biologia não deve envolver somente perguntas de âmbito estritamente da *práxis* educacional, mas a exploração de áreas das ciências biológicas como a operação do sistema nervoso e a linguagem, de onde parte as explicações. E por isso, defendemos uma perspectiva construtivista das relações humanas como seres biológicos e culturais, principalmente no que se refere ao ensino.

No capítulo I exprimimos o observador, em um resgate a sua perspectiva como autor das descrições dos fenômenos que são observados no fazer científico e criador das explicações. Partimos do aforismo-chave da teoria de Maturana e Varela (2001, p. 32) que afirmam: “Tudo que é dito é dito por alguém”.

A constituição biológica do observador ficou explicitada no capítulo II, onde se encontra a perspectiva espessa da Biologia do Conhecer de Maturana e Varela. A terminologia pode parecer extensa, mas de fundamental importância para a compreensão da constituição biológica do observador.

Apesar de sua natureza teórica, a investigação, realizamos uma experiência com estudantes para ilustrar as reflexões realizadas ao final, sendo que, a mesma acabou revelando-se intrínseca ao processo da *práxis* do viver que originou as reflexões sobre o observador, pois tratamos de uma teoria para o ensino de ciências. A experiência preenche o capítulo III.

No capítulo IV, voltamos a abordar a linguagem com uma fundamentação teórica mais consistente, constituindo um domínio de interações recorrentes. Apresentamos um modelo teórico da interação e de como a ciência ou elementos dos fenômenos naturais se

tornam entes isolados do observador. Ele constitui um fechamento cíclico junto ao sistema conceitual proposto.

Observar o fenômeno do explicar e o fazer do observador é um convite à reflexão científica a respeito próprio fazer, pois como afirma Maturana e Varela (2001, p. 22):

Tendemos a viver num mundo de certezas, de solidez de perspectivas não contestadas, em que nossas convicções provam que as coisas são somente aquilo que nos parece certo. Essa é a nossa situação cotidiana, nossa condição cultural, nosso modo habitual de ser humanos.

Tão necessária quanto à prática de ensino e os materiais didáticos, são as teorias que fundamentam a compreensão do nosso viver e de como esse viver está presente no ensino de ciências e particularmente no modo de conhecer humano, para que se permita uma reflexão sobre as convicções do observador. Há uma importância fundamental no papel do observador no fazer científico, e é desse que iremos tratar em sua constituição biológica cultural.

CAPITULO I – A EXPLICAÇÃO: UM FENÔMENO HUMANO DISTINGUÍVEL

Talvez em uma aula de ciências biológicas, a explicação seja a realização mais importante do professor. Na aula é construído um espaço de relação através de um método de comunicação entre ele e o estudante. Também é através da explicação que se estabelece uma interação entre os sujeitos cujo meio é o conhecimento científico.

No ambiente da sala de aula, a explicação científica geralmente se origina através do discurso do professor. Ele pode diversificar as formas de interação com seus estudantes optando por diferentes métodos, por exemplo, a tradicional aula expositiva ou a aula dialogada. A explicação científica tem intervenção do professor mesmo na escolha de um roteiro para uma aula experimental, onde o estudante realiza ações que podem levá-lo a conclusões e construção de conceitos. E esta intervenção, abrange desde a aplicação de textos até as orientações para a realização de uma atividade avaliativa.

A explicação defendida pelo professor de ciências traz consigo a aceitação do conhecimento ao qual ele teve acesso como algo verdadeiro e científico. A escolha de uma explicação, além do sentido pessoal, envolve a aceitação de que o conhecimento selecionado é o melhor a ser trabalhado durante uma aula. Em relação a este aspecto, Martins et al (1999, p. 2) ressaltam:

Embora haja quase um consenso de que explicar é, possivelmente, a tarefa mais fundamental de um professor de ciências, há dúvidas a respeito do que constitui uma boa explicação. Uma explicação que satisfaz o professor, muitas vezes, contraria as idéias que os estudantes têm a respeito do mundo físico. Uma explicação baseada no senso comum freqüentemente não encontra paralelo na visão correntemente aceita pelos cientistas.

O professor de ciências fundamenta-se em explicações científicas para construir um conhecimento, e usa estas para convencer o estudante sobre uma perspectiva de compreensão dos fenômenos naturais. Ao optar pela explicação científica, ele geralmente estabelece um juízo de valor que favorece as ciências da natureza em oposição às explicações fundamentadas no senso comum.

O professor utiliza o conhecimento científico para a fundamentação de seu conhecer, e atribui valor as ciências da natureza, e durante a aula expõe o seu arcabouço teórico sobre o

conhecimento científico que possui da sua área de atuação. A explicação a partir do conhecimento científico revela o conhecer do professor, e ao mesmo tempo é objeto de exposição durante uma aula, e ainda, de maneira cíclica é o conhecer que formula a própria explicação, ou seja, o conhecer está relacionado com o explicar, e o explicar relaciona-se com o que se conhece. Neste ponto sobre o conhecer e o explicar, podemos recorrer a Dolle (2011, p. 10) quando afirma: “Conhecer é a capacidade de explicar”.

O estudante pode aceitar a explicação como válida ou não com base em diversos fatores, mas entre eles, a mais importante é que exista uma espontaneidade em querer aprender por parte dele. Um destes fatores implica que o conhecimento do educando fundamenta-se veementemente no senso comum, em oposição ao do professor que geralmente apóia-se no conhecimento científico. Outra causa para a não aceitação da explicação seria a “falha” do método ou ferramentas de explanação escolhidas pelo professor para o estágio de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Outro fator importante, diz respeito ao problema do recurso didático nas escolas. O sistema educacional público brasileiro oferece pouco incentivo para a educação científica no ambiente escolar do segmento básico (falta de laboratórios, oficinas, visitas de campo entre outros). Tal problema pode tornar as ciências como algo isolado e de uso pontual nas avaliações escolares, tendo como objetivo final para o estudante apenas a aprovação no ano letivo.

Para esta situação sobre o contexto da explicação, onde a diversidade de fatores influenciam o ensino de ciências, Martins et al (1999, p. 2) consideram:

Explicar envolve, ainda, além de uma análise cuidadosa dos conteúdos a serem tratados, considerar diferentes estratégias de comunicação, diferentes interesses e habilidades cognitivas dos interlocutores, a motivação, os objetivos e papéis sociais dos participantes, as restrições impostas pelo contexto, etc.

Neste aspecto em específico sobre a escolha dos conteúdos e as estratégias de comunicação a responsabilidade pela explicação recai somente ao professor. A este respeito Vilela (2009, p. 95) afirma ao analisar relatos de licenciandos em biologia sobre suas experiências de regência na sala de aula:

A análise de relatórios que focalizam o momento da regência indicam que os licenciandos passam a reconhecer o seu próprio poder de selecionar os conteúdos e escolher formas de mobilizá-los para fins de ensino. É possível perceber que no processo de selecionarem os conteúdos e pensarem sobre as formas de ensiná-los, materializam-se os embates entre diferentes tradições – tanto curriculares da disciplina Biologia quanto da própria Biologia como Ciência – bem como em relação aos imperativos didáticos e os conhecimentos cotidianos e ou utilitários.

A partir de tais considerações sobre o fenômeno “explicar”, principalmente quando acontece no espaço de convivência da sala de aula, iniciamos a investigação buscando identificar a explicação como um processo interativo entre professor e estudante. Todavia, mesmo existindo esta relação de dualidade, tanto o ato de explicar quanto ato de aceitar a explicação é uma ação do indivíduo enquanto observador.

Professores e estudantes de ciências estão envolvidos diretamente quando compartilham uma explicação. A relação estabelecida nesta ação somente é possível, quando ambos tornam-se conscientes de sua posição como observadores de um fenômeno, o qual é distinguido pelos seus critérios individuais. Ao aceitar as suas observações como legítimas, os professores e estudantes desenvolvem um modelo do fenômeno, que é ancorado em suas convicções e conhecimentos. Desse modo, como resultado da relação entre eles surge uma convergência que irá explicar um fenômeno.

Retomando a reflexão sobre o que seria uma boa explicação citada por Martins, já é possível identificar a existência de um consenso entre professor e estudante quando há uma aceitação de uma explicação como legítima. Os sujeitos envolvidos na interação precisam compartilhar uma perspectiva para que se construa uma explicação sobre o fenômeno observado.

A explicação realiza-se em um momento de comunicação, além da observação do fenômeno de forma concreta, pois a experiência física foi transposta para a linguagem. A explicação quando vista desta perspectiva do indivíduo, que é o observador do fenômeno, torna-se uma ação efetiva humana por distingui-lo da experiência concreta.

Anteriormente, utilizamos o conceito de Dolle a respeito do conhecer como a capacidade de explicar. Sabendo que a explicação é uma ação efetiva, o conhecer realiza-se também com tal efetividade, ou seja, conhecer é em si ato e um fazer. Esta concepção do conhecer como ação efetiva remete a uma perspectiva defendida por Maturana e Varela (2001, p. 31): “Todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer”. Neste aforismo

entende-se que o conhecimento está relacionado à ação, a qual atribui uma importância maior para o indivíduo enquanto sujeito da ação de explicar. Considerar que a explicação é uma ação efetiva do sujeito na perspectiva defendida nesta dissertação.

Como foi dito anteriormente, o ato de explicar e o ato de aceitar a explicação são ações que dependem do observador, e tal concepção justifica encontrarmos fundamentos no posicionamento de Humberto Maturana a respeito do explicar. Para Maturana (2006, p. 162):

Uma explicação é uma resposta a uma pergunta, que aceita como resposta uma reformulação da experiência, para a qual a pergunta exige uma explicação (resposta explicativa). Em outras palavras, uma explicação é uma reformulação de uma experiência aceita como tal por um observador (que pode ser a mesma pessoa que a propôs), de acordo com certos critérios de aceitabilidade adotados por ele ou ela. Uma reformulação proposta como uma explicação para uma dada situação (fenômeno, experiência) que não seja aceita como tal, não é uma explicação. Portanto, nada é uma explicação em si mesmo, e é a pessoa que aceita uma resposta explicativa quem especifica a resposta como uma explicação.

A explicação é a manifestação do observador na linguagem reformulando a experiência vivida por ele. Como resultado quem é exposto a esta reformulação, que é também um observador, pode ou não aceitá-la. Para Maturana uma reformulação só será uma explicação se o escutar do observador aceitá-la como tal.

Afirmamos que o *explicar* é uma ação efetiva do humano e que esta é tão cotidiana quanto o respirar e só existe porque em algum momento da experiência do observador a constituição de um fenômeno distinguível se formou para que pudesse ser observado.

Ao colocarmos o fenômeno do explicar na perspectiva do observador pela linguagem estamos realizando uma distinção do vivenciar ou da experiência concreta. Assumindo esta posição, o fenômeno não está mais no domínio do cotidiano e das relações do viver, ele se realiza em um domínio específico. Ibid. (p. 27) afirma: “A explicação se da na linguagem”, e complementa Ibid. (p. 28): “o explicar é uma operação distinta da experiência que se quer explicar, ou seja, ele está na linguagem”.

1.1 A Linguagem: onde se constroem as explicações

O conhecimento humano é constituído na linguagem. É através dela que realizamos comunicações entre indivíduos, criamos idéias, debatemos, auxiliamos, pedimos ajuda, entre outras ações espontâneas ou pensadas que acontecem no cotidiano. A explicação é um fenômeno humano que existe somente pela linguagem. Entender o papel da linguagem na existência humana é fundamental. Como afirma Fiorin (2008, p. 29):

A linguagem é onipresente na vida de todos os homens. Cerca-nos desde o despertar da consciência, ainda no berço; segue-nos durante toda a nossa vida, em todos os nossos atos, e acompanha-nos até na hora da morte. Sem ela, não se pode organizar o mundo do trabalho, pois é ela que permite a cooperação entre os seres humanos e a troca de informações e experiências. Sem ela, o homem não pode conhecer-se nem conhecer o mundo. Sem ela não se exerce a cidadania, porque ela possibilita influenciar e ser influenciado. Sem ela não se pode aprender. Sem ela não se podem expressar sentimentos. Sem ela, não se pode imaginar outras realidades, construir utopias e sonhos. Sem ela não se pode falar do que é nem do que poderia ser.

Antes de prosseguirmos para a perspectiva de Maturana e Varela a respeito de linguagem tentaremos abordar algumas concepções de outros autores a respeito do tema, bem como algumas informações que poderão contribuir além da Biologia.

Para Ayer (1954¹ *apud* CHOMSKY, 1986, p. 39) Aristóteles tinha a concepção de que língua é a relação entre o som e o significado, e a linguagem é definida por este conjunto par. Bakhtin defende a língua como um código ideológico que se faz na necessidade de comunicação (BAKHTIN, 2006), o que é defendido por Braith et. al. (2006, p. 65) que estabelece que “a linguagem é concebida de um ponto de vista histórico, cultural e social que inclui, para efeito de compreensão e análise, a comunicação efetiva e os sujeitos e discursos nela envolvidos”.

Ferdinand de Saussure, da escola de Genebra, atribui à linguagem a seguinte distinção:

¹ AYER, A.J., Can There Be a Private Language/ Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary Volume 28 (1954). In CHOMSKY, Noam. The language and problems of knowledge. The Natural Language magazine. Madrid: s/e. 1986.

“Tomada em seu todo, a linguagem é multiforme e heteróclita; o cavaleiro de diferentes domínios, ao mesmo tempo física, fisiológica e psíquica, ela pertence além disso ao domínio individual e ao domínio social; não se deixa classificar em nenhuma categoria de fatos humanos, pois não se sabe como inferir sua unidade.”
(SAUSSURE, 2006, p. 17)

A perspectiva de Saussure sobre a linguagem como fenômeno físico, fisiológico e psíquico, pertencente ao domínio individual e social, aproxima-se mais da afirmação de Maturana e Varela a respeito da constituição do ser humano como biológico, social e o humano (MATURANA E VARELA, 2001, p. 33). Apesar de não ser do nosso conhecimento qualquer referência dos autores a Saussure, ambas as perspectivas da constituição humana na linguagem parecem convergir.

Fischer (2009, p. 12), lingüista e diretor do Instituto de Línguas e Literatura Polinésias, na Nova Zelândia, conceitua:

Em sua definição mais simples, linguagem significa meio de troca de informações. Essa definição permite que o conceito de linguagem englobe expressões faciais, gestos, posturas, assobios, sinais de mão, escrita, linguagem matemática, linguagem de programação (ou de computadores), e assim por diante. A definição também abarca a ‘linguagem’ química das formigas² e a dança das abelhas (hoje sabemos que ambos os insetos também usam simultaneamente outros meios de expressão comunicativa). [...] Em um sentido mais universal, a linguagem é o nexos do mundo animado, cujos limites são traçados apenas pelos seres humanos.

Para nós, é importante compreender a linguagem como chave fundamental na realização do ser humano como ser vivo. Para Maturana e Varela (2001, p. 32): “Toda reflexão, inclusive a que se faz sobre os fundamentos do conhecer humano, ocorre necessariamente na linguagem, que é nossa maneira particular de ser humanos e estar no fazer humano”. Desse modo, entendemos que a linguagem é intrínseca ao relacionar humano. Ela é o resultado da relação indissociável entre as características biológicas do homem e o conhecimento.

² A **trofolaxe** é esta comunicação intercambial química das formigas (MATURANA e VARELA, 2001, p. 207)

Somos humanos na linguagem, e este é o nosso modo particular de existir. White (2009, p. 9) afirma:

Só o homem, entre outras espécies tem uma capacidade a que, por falta de um termo melhor, chamaremos capacidade de simbologizar. Ela é a capacidade de originar, definir e atribuir significados, de forma livre e arbitrária, a coisas e acontecimentos no mundo externo, bem como de compreender esses significados.

A organização biológica e a história individual influenciam a capacidade humana de nomear e atribuir valores aos fenômenos observados, e ao mesmo tempo de criar fenômenos em um campo lingüístico totalmente realizado na sua existência e na ação de conhecer. Isto implica que, entre os fenômenos lingüísticos existentes, sempre há uma assinatura criadora na explicação que é uma propriedade única do ser humano. É neste sentido singular da explicação, que a pesquisa se enveredou no espaço relacional da linguagem, em particular da linguagem científica.

A explicação se realiza em um ato lingüístico, ou seja, no espaço relacional onde a linguagem é a forma de interação entre pessoas, sempre há uma intenção simbólica na fala de quem realiza esta ação. Maturana e Varela (2001, p. 32) afirmam: “Tudo que é dito é dito por alguém”. Apesar de a afirmação parecer óbvia, os autores estão ressaltando a importância que deve ser dada à autoria da fala. O “alguém” que diz é social, biológico e humano, como defendido anteriormente no texto ao conceituar a linguagem, e carrega consigo sua forma de vivenciar o mundo, seus valores e sistema social.

Sabendo da importância dos elementos biológicos, sociais e humanos em um indivíduo, que trataremos como observador do fenômeno é necessário aprofundar o conhecimento a respeito de sua natureza biológica. Para que a explicação aqui dada ao fenômeno do explicar consiga expor as concepções defendidas nesta investigação, é importante saber qual o sistema conceitual epistemológico que é adotado como uma perspectiva teórica: uma visão da epistemologia da Biologia e a teoria do conhecimento da Biologia do Conhecer³.

³ Biologia do Conhecer foi concebida por Humberto Maturana e será utilizada no sistema conceitual, juntamente com a Teoria do Conhecimento escrita por ele e Francisco Varela.

1.2 Uma epistemologia da Biologia no fenômeno do explicar

Já afirmamos anteriormente que a explicação é construída na linguagem, e que o homem é um ser social e biológico. Também reforçamos que a explicação é um dos elementos mais importantes em uma sala de aula e que o professor exerce um papel fundamental na convivência do estudante com o conhecimento científico. Ao fazer estas afirmações surge a pergunta: que perspectiva científica estamos considerando ao tentar formular explicações? E ainda, há um complicador metodológico além desta pergunta, a mesma ciência que é o objeto de explicação constrói os critérios de validação da própria explicação.

Nesta investigação buscamos uma perspectiva das ciências biológicas que resgatem o ser humano como ser biológico. O homem enquanto ser biológico é ao mesmo tempo objeto de estudo e construtor do conhecimento da Biologia. Ele é que estabelece quais explicações são válidas na construção das concepções científicas, ou seja, interfere diretamente nas criações (teorias, leis e princípios) das ciências.

Ensinar Biologia é ensinar ciência, explicar biologicamente é também explicar cientificamente. Podemos explicar de várias formas um mesmo conceito, no entanto, apenas alguns modos de explicar são aceitos como conhecimento científico. Isso acontece justamente porque quem estabelece o que é válido são os indivíduos que observam. A esse respeito resgatamos o conceito tratado sobre o explicar de Maturana e Varela do início do capítulo, que a explicação só é válida se for aceita pelo observador. Complementar ao fazer científico, entender a partir de quais ciências se constrói explicações é fundamental para o ensino das perspectivas que são aceitas como científicas.

Uma epistemológica da Biologia é necessária para amparar o ensino de Biologia, e somar concepções a respeito de que linha de pensamento explicativo estamos tratando. Isso que foi afirmado é importante para um bom desenvolvimento e construção de conceitos científicos no ensino. Porque a concepção inadequada a respeito da construção de uma ciência pode dificultar a experiência do conhecimento científico para os estudantes.

O papel do professor centraliza uma importância fundamental na construção das concepções das ciências biológicas durante a atividade de ensino. Esse aspecto é tratado por Fernández, Gil e Cachapuz (FERNANDEZ; GIL e CACHAPUZ, 2002, p. 477 et seq.) quando

relatam que um dos motivos que os levou a investigar as concepções da natureza da ciência em suas pesquisas, foi que as conjecturas dos professores incluíam um reducionismo e deformações que podem criar obstáculos para uma correta orientação de ensino.

Em seu artigo intitulado *visiones deformadas de la ciencia transmitida pela enseñanza*, publicado na revista *Enseñanza de las ciencias*, os autores indicam que se um professor assumir uma visão individualista da atividade científica, terá como resultado uma dificuldade de atribuir valor ao trabalho coletivo dentro do conhecimento científico Ibid. (p. 478). Esta perspectiva do professor poderá abranger a explicação, tendo como resultado uma supressão do diálogo no ambiente da sala de aula, que depende de relações construtivas entre estudantes e professores para aceitar a explicação como válida. A situação acontece habitualmente no ensino de ciências, onde as concepções científicas estão postas e não são passíveis de questionamentos ou reformulações. Nesse problema epistemológico, devemos ter uma análise crítica quanto a inalterabilidade da explicação com bases nas ciências, já que, explicar é reformular a experiência vivida.

Ter uma concepção epistemológica pode solucionar uma visão equivocada sobre a ciência como conhecimento pronto e acabado. Porque se ela, a ciência, for considerada desse modo, suas concepções sobre os fenômenos sempre estarão certas e nunca mudarão. O professor permite a existência de uma reflexão daquilo que está tentando ensinar, considerando a epistemologia como fundamento para o conhecimento científico do qual a explicação é aceita. Em contrapartida, sua reflexão a respeito da ciência poderá também ser compartilhada com os estudantes, trazendo atrelada à oportunidade de uma construção participativa da perspectiva científica validada na explicação.

Uma consideração importante que diz respeito particularmente na compreensão do ensino de Biologia é investigar como a mente funciona no aprender e no processo de explicar. Ela torna possível entender como um observador cria um conhecimento concreto a respeito das concepções biológicas durante a aprendizagem e, ao mesmo tempo, refletir sobre qual perspectiva científica a Biologia foi distinguida por ele. Desse modo, é possível um investigar e compreender os fundamentos epistemológicos das ciências biológicas como um modelo da explicação aceita na observação.

Ao investigar a epistemologia e a aprendizagem, iremos nos deparar com a condição metodológica da ciência ser o objeto e o meio de investigação, mas é substrato filosófico para que possamos pensar de maneira circular no método científico que será utilizado. Como os critérios de uma explicação vêm do observador, também estará incluída nesta condição do

método uma reflexão a respeito do funcionamento da mente de quem aprende. Mayr (2005 p. 52) assinala: “o fundamento de uma filosofia da Biologia é particularmente importante para a explicação da mente e da consciência”.

Abordaremos alguns conceitos na compreensão do pensamento que confere autonomia à Biologia como ciência e seu ensino. Realizar essa conceituação tornou-se um passo fundamental para estabelecer a perspectiva das Ciências Biológicas que estamos defendendo na dissertação.

1.2.1 A importância do paradigma

As ciências biológicas, assim como os outros ramos das ciências naturais, conservam sua independência paradigmática ao tratar seu objeto de estudo, que é a vida. Quando voltada à área educacional, este paradigma apresenta-se na estrutura curricular, nas investigações e no ensino. Ele, o paradigma, ocupa um papel central no fazer das ciências influenciando a investigação e também o ensino.

O paradigma estabelece quais são os critérios de aceitação das concepções científicas. O termo é utilizado para unificar estes critérios na atuação dos cientistas e também dos professores de ciências. De acordo com Vasconcellos (2009, p. 29) “o termo paradigma tem sido amplamente usado para se referir à forma como percebemos e atuamos no mundo, ou seja, às nossas regras de ver o mundo”. Nas ciências, as regras são tão importantes no modo de investigar quanto o próprio objeto da investigação. A diferenciação na forma de tratar o objeto de estudo por uma ciência está na condição que estas regras definem a perspectiva da observação dos fenômenos. Podemos tomar como exemplo a busca de explicações a respeito da biodiversidade dos seres vivos e o surgimento de novas espécies. Em 1947, existia uma antítese entre evolucionistas naturalistas e evolucionistas geneticistas. Para os naturalistas o objeto de seleção era o indivíduo, enquanto os genes ocupavam essa posição para os geneticistas (MAYR, 2005 p. 138-143, 156-168).

Tratando ainda de paradigma, Kuhn (1996, p. 219) assevera: “Um paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade partilham, e inversamente, uma comunidade científica

consiste em homens que partilham um paradigma”. O partilhar paradigmático oculta um acordo de regras e normas que mantém uma relação consensual. Esta relação constrói um contingente de perspectivas e interesses que tem em comum o mesmo olhar sobre um objeto de estudo, o que torna o paradigma uma perspectiva essencialmente humana no seu método de realizar suas investigações ou análise no ato de observar.

O paradigma também envolve os critérios de aceitação da explicação, ou seja, um método de validação. Ele pode ser determinante em tornar uma conceituação em uma explicação quando exposta a um grupo de observadores. Provavelmente estes cientistas excluem qualquer concepção que não se enquadre nos seus critérios de validação.

Os cientistas da Biologia nem sempre tiveram uma independência em seu paradigma; subentendemos que seus critérios também não possuíam tal independência. O desenvolvimento inicial da Biologia em meio às ciências da natureza objetivava firmá-la como área científica pura e válida, mas sob os moldes e critérios das outras ciências. Essa posição é consenso entre diversos autores (cf. MAYER, 2005; WIESER, 1972; MATURANA e VARELA, 1998; VASCONCELOS, 2009 e BERTALANFFY, 2009).

A Biologia tal qual o molde da física e da química, concentrou esforços na busca pela unidade elementar que era fundamental na empreitada de uma ciência verdadeira. E assim, nesta procura, a célula e todas as áreas de pesquisa em seu nível de observação eram os principais focos para a vanguarda das investigações das ciências biológicas. Inegavelmente este foco no mundo celular trouxe um avanço significativo para firmar a Biologia como ciência. Isto, não ressaltando a revolução que já havia sido iniciada com particular mérito a contribuição do pensamento evolucionista, e mais particularmente a obra de Charles Darwin “A origem das espécies”.

Ao tratar da busca pela unidade fundamental Wolfgang Wieser, biólogo do século passado, revela (WIESER, 1972, p. 11): “[...] Até o início deste século as Ciências Naturais se dedicaram a descobrir, desta maneira, os elementos construtivos do mundo e a recompô-lo novamente a partir daquele. As análises de todos os pesquisadores da natureza seguiram, deste modo, o exemplo dos físicos”. Assim os critérios de validação das ciências biológicas estavam sob a perspectiva das Ciências Naturais, no qual o paradigma era definido, quase que exclusivamente, pela física.

Tal indício sobre a definição do paradigma pela física, pode ser encontrado, como exemplo, no manuscrito de Thomas Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas* de 1962,

adotado geralmente para os estudos de epistemologia das ciências. O livro está repleto de relatos históricos de descobertas como a do oxigênio, e juntamente o questionamento no qual não se define se deve ser essa descoberta atribuída a Priestley ou Lavoisier; a refutação do modelo heliocêntrico de Aristarco, a permanência do modelo de Ptolomeu e a mudança para as teorias de Copérnico, entre outras análises a respeito da descoberta ou teorias que surgiam e modificavam o paradigma das ciências da natureza nestes períodos específicos. O ensaio aborda a ciência deixando claro que essa não é acumulativa por haver revoluções de tempos em tempos, que provocam rupturas entre o antigo paradigma e o que está por vir. Khun (1962, p. 25) descreve que “são denominadas revoluções científicas os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromisso profissional”. No período em que não há revoluções científicas, ele categoriza como “ciência normal”, sendo que as pesquisas concentram-se em amparar ou especificar as questões do paradigma vigente.

A estrutura das revoluções científicas do Khun está presente em diversas referências de cursos e programas no ambiente universitário. O próprio autor, na apresentação da obra, especifica a facilidade com que essa foi assimilada no meio científico e que as evidências para sua teoria do paradigma e das revoluções provem tanto da Biologia como da Física. Mas ao mesmo tempo, justifica-se que o foco se dá na última, seu núcleo de formação.

A respeito da Biologia, mesmo que considerássemos que seu paradigma é regido pelas mesmas leis da física, as inferências são superficiais ao extremo. Em raros momentos da argumentação, Kuhn refere-se aos exemplos das ciências biológicas. Os únicos índices são (4ª edição): página 35 ao citar os estudos de hereditariedade e a forma recente dos paradigmas da Biologia; o relato do encerramento dos relatórios de pesquisa em meados dos séculos XVIII e XIX, na página 41 e a Botânica Taxonômica, ao falar de regras explícitas seguidas pelos grupos científicos, na página 74. E todos esses sucintos indicadores foram tratados superficialmente. Obviamente que a história das ciências, como um todo, é um corpo sólido e a valorização das conexões entre as ciências da natureza é fundamental na compreensão de fenômenos. No entanto, devemos ter uma reflexão cuidadosa sobre o uso de um manual fundamentado na física e química como orientador epistemológico para as ciências biológicas. O mesmo pode ser dito sobre outras obras que tratam do método científico, puramente pelo fazer da física e da química.

A perspectiva da Biologia como dependente de outras ciências para sua validação criou uma problemática para formulação de uma explicação válida para a própria biologia. Isto é notório, porque tratar dos paradigmas biológicos por um viés comprometido com um

mundo regido por leis que diferem do mundo vivo causa estranhamento, e reforça a necessidade da ampliação epistemológica autônoma da Biologia ou, voltaremos a repetir o olhar do século XVIII sobre os seres vivos e a vida em si.

Como exemplo de que uma variação paradigmática sempre está envolvida na explicação de concepções, recorremos às idéias de Mayr (2005, p. 185-207) quando fala sobre o desafio da definição de espécie. Ele defende a idéia de que, para se definir espécie é necessário à experiência prática real na natureza. Cita algumas linhas de pensamento do conceito de espécie, que são excelentes exemplos para entender o quão importante o paradigma é na investigação de um fenômeno natural.

Para ele, a palavra espécie carrega o significado de conjunto de objetos que possuem em comum certas propriedades. Desta forma, aponta o conceito tipológico como divergente ao conceito biológico de espécie. O conceito biológico de espécie define-se sobre comunidades reprodutivas separadas por uma barreira invisível. Este conceito fundamenta-se na ênfase da reprodução, ao contrário da tipologia que utiliza características morfológicas. Ainda há, divergindo destes, o conceito ecológico de espécie que se fundamenta no nicho. Mayr aponta que este conceito não é funcional, mas não entraremos em detalhes nesta discussão, pois não é alvo de estudo do presente trabalho⁴.

Além de Mayr outros entomólogos, ornitólogos, evolucionistas, naturalistas e outros cientistas da vida, fundamentam seus estudos sobre uma perspectiva paradigmática. Edward O. Wilson ao tratar da diversidade da vida, adota o conceito biológico de espécie como perspectiva cerne. Wilson (2005, p. 48) afirma: “uma espécie é uma população cujos membros são capazes de se cruzar livremente em condições naturais”. E mesmo adotando o conceito biológico de espécie para guiar suas análises deixa bem claro que essa conceituação funciona melhor para as espécies de um determinado local com pequena abrangência (ilha, estados e montanhas). A situação explicitada sobre a definição de espécie demonstra o quão variante pode ser a construção de uma ciência de acordo com o paradigma.

Dados estes exemplos do significado de espécie, podemos perceber as divergências internas entre paradigmas na constituição de uma ciência. Desse modo, o conjunto de variantes paradigmáticas e as diversas possibilidades existentes ao investigar tornam

⁴ Para ampliar a reflexão a respeito do conceito de espécie consultar fonte: MAYR, Ernst. Biologia, ciência única. 1ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. _____. “*The species as category, táxon, and population*”. In *Histoire du concept d’espèce dans la science de la vie*, J. Roger e J.L. Fischer(orgs). Paris, Fondation Singer-Polinac, p. 303-20, 1987.

impossível uma análise simplista para as ciências biológicas. E toda esta condição paradigmática vai influenciar a explicação como modo de aceitação do conhecimento científico. Maturana (2006, p. 30) afirma: “há tantos explicares diferentes quanto modos de escutar e aceitar reformulações da experiência”.

Os modelos para explicar são vários, e um deles inclui refletir sobre a natureza estrutural dos organismos, sendo esse aquele que os cientistas da biologia utilizam para investigar os fenômenos naturais. Quando vários elementos se relacionam ou permanecem em conexão configura-se uma estrutura. Wolfgang Wieser define estrutura como o conjunto de relações entre elementos ou entre processos elementares, que compõem as propriedades da totalidade (WIESER, 1979 p. 12). Maturana (2002b, p. 129) assinala:

Essa palavra vem do verbo latino *struere*, que significa ‘construir’. Fazendo referência aos processos de construção, bem como aos componentes de uma unidade composta, ela se refere aos componentes efetivos e às relações efetivas que os componentes precisam satisfazer ao participarem da constituição de uma unidade composta dada.

Esta perspectiva estrutural pode ser determinante a análise das ciências biológicas a respeito de seus objetos de investigação. Por exemplo, no campo do ensino de Biologia, temos os educandos como organismos, envolvidos em uma rede de relações com o meio e com outros organismos. Ainda, Maturana e Varela (2001, p. 54) afirmam: “Entende-se por estruturas de algo os componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização”. Estamos tratando de um sistema ao mencionar uma estrutura, composta por uma rede de conexões ou relações entre elementos ou entre processos elementares que constituem uma organização. Um sistema é complexo por constituir-se de variadas conexões que podem configurar-se de distintas formas que implicam em uma composição estrutural. O funcionamento do sistema nervoso, geralmente é investigado sob esta perspectiva.

Wieser (1979, p. 12) pontua: “À totalidade na qual descobrimos e pesquisamos estruturas chamamos de *sistemas*⁵”. Por isso, ao considerar a complexidade estrutural das

⁵ Grifo nosso.

ciências biológicas e direcionar um estudo pormenorizado no ensino – que considere a totalidade também como um fator fundamental – estaremos abordando a linha do pensamento sistêmico. O pensamento sistêmico defende a perspectiva que a compreensão do todo de um sistema só pode ser realizada considerando a totalidade como linha de investigação, contrapondo a idéia de que um determinado ponto isolado, uma parte do sistema, seja suficiente para compreender o restante.

Voltando esta compreensão de sistemas para a explicação, se pensarmos em estruturas, critérios e modelos de organização, somados a concepções das ciências biológicas do observador (paradigma), notaremos que a explicação também pode ser vista pela perspectiva sistêmica. Pois para compreender um aspecto da explicação teremos que considerar todos os fatores como constituintes no modelo ou método explicativo.

1.3 Uma epistemologia para a explicação a partir do observador

As ciências biológicas nas diversas segmentações de interesse de investigação que a compõem, tem variações de perspectivas sobre o mesmo fenômeno que a torna complexa (MAYR, 2005). A área da ecologia possui uma perspectiva sobre os organismos considerando as relações, diferente do foco da Biologia molecular que trata da unidade celular, que também é diferente da fisiologia que trata dos sistemas, mas todas são áreas biológicas entrelaçadas pelo estudo do vivo.

O observador possui uma responsabilidade fundamental ao definir qual perspectiva epistemológica o fazer científico utiliza ao observar um fenômeno. A sua influência já inicia no processo de distinção do fenômeno e na construção de concepções a respeito deste.

Para que fique explícito o papel do observador e qual o tipo do fazer ciências (perspectiva) estamos defendendo, tentaremos delimitar uma visão epistemológica válida para nossa observação. Maturana (2006, p. 30) afirma: “A ciência se define por um modo de explicar”. Então qual seria o modo de explicar que defendemos e que nos leva a investigar a própria explicação (fenômeno do explicar)?

Para iniciar a construção desta perspectiva do modo de explicar, citaremos Ibid. (p. 29): “Uma explicação é uma reformulação da experiência aceita por um observador”. E este, o observador, será nosso ponto de partida.

1.3.1 O observador

Para Maturana (2006, p. 32): “O observador traz à mão o que distingue”, ou seja, ele utiliza a distinção para diferenciar aquilo que observa do meio que o cerca. Esta afirmação possibilita compreender uma posição humana de observador no viver; é provavelmente onde estão os fundamentos da explicação, porque o observador utiliza os fenômenos distinguidos na experiência concreta para fundamentar suas explicações.

Dutra⁶ (2010, p. 19) ao falar sobre a condição do conhecimento, afirma: “[...] o conhecimento é algo que depende, em primeiro lugar, do sujeito cognoscente – pois é ele que sustenta ou não determinada proposição [...]”. O sujeito cognoscente, ou seja, o observador é responsável pela validação de uma explicação. Ele, o observador, é o meio e o fim onde a explicação acontece. Maturana (2002b, p. 125) expõe:

De fato, uma explicação é sempre uma reprodução ou reformulação intencional de um sistema ou fenômeno, dirigida por um observador a outro que deve aceitá-la ou rejeitá-la, admitindo ou negando que ela constitui um modelo de sistema ou do fenômeno a ser explicado.

O observador é um ser vivo que faz distinções, e geralmente, numa visão tradicional de ciências, especifica unidades que são diferentes de si que o põem em posição externa ao meio em que observa. Está é uma visão objetiva da observação (como exemplo, quando julgamos comportamentos que são comuns a todos, e nos distanciamos na tentativa de

⁶ Luiz Henrique de Araújo Dutra, professor associado do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina.

neutralidade). A ação da observação é tratada como algo não influenciável, que pode ser validado como uma “pura” descrição da realidade e das unidades que esta distingue. Assim, a observação é um ato diferente de si, ou seja, diferente do ser humano que observa. Maturana (2002b, p. 128) a respeito da visão objetiva esclarece: “Um observador pode fazer distinções em ações e pensamentos, recursivamente, e é capaz de operar como se ele ou ela fosse externo (distinto de) às circunstâncias nas quais *se*⁷ encontra”.

A observação é um ato humano, e sua autoria aparece mesmo que, aparentemente seja oculta por uma ilusória neutralidade. Ela está impregnada de valores e símbolos que constituem o indivíduo em sua história. Por mais que sua ação esteja rigorosamente estabelecida por um método, não deixará de ser constituída neste indivíduo. Ibid. (p. 128) estabelece um aforismo importante: “Tudo que é dito é dito por um observador a outro observador, que pode ser ele ou ela mesmo”.

As ações efetivas do observar constroem manifestações – quer seja para descrição, análise ou qualificação; quer seja para si ou para o outro como ato de compreensão e explicação respectivamente – todas elas são fundamentadas por intermédio dos valores da convivência e da formação de quem observa. Por exemplo, a ação de escrever quando é direcionada a compreensão de outro é “filtrada” pelos valores e concepções do sujeito que observa.

Para reafirmar a posição da observação humana no viver, recorremos a Maturana (2006, p. 27) quando afirma: “[...] o ser humano é um observador na experiência, ou no suceder do viver na linguagem”. Um indivíduo como observador, em seu mover pela existência, propõe em sua forma de agir determinados valores que são carregados culturalmente e foram construídos na sua história. O ato de observar criva a perspectiva com estes elementos que compõem a identidade deste indivíduo enquanto observador.

Para Ibid. (p. 126) “nós, cientistas, fazemos ciências como observadores explicando o que observamos. Como observadores, somos seres humanos”. As ciências biológicas e o ensino dependem do ato de observar, e por isso, para uma compreensão minuciosa da relação entre o sujeito e o objeto é necessário o entendimento de quem observa, seja ele cientista ou estudante. A ciência no cerne dos fundamentos dos seus métodos parte da observação. Observar é representar, qualificar, atribuir, medir, e tantas outras distinções da ação humana que influenciam e são influenciadas pela experiência do viver.

⁷ Grifo nosso, no texto original, devido a adequação de tradução não foi colocado o “se”, no entanto tal situação desprovê de sentido a afirmação de Maturana sob a perspectiva de nosso entendimento.

A ciência é uma forma de conhecimento que contribui para o desenvolvimento da humanidade em seu viver, e o observador tem um papel tão importante, que muitas vezes, ela foi utilizada no controle de outros indivíduos que não tinham acesso a sua esfera restrita. Não pode ser tratada como “ente”, pois neste caso do controle seria atribuída a ela uma identidade emocional, e pelo menos a literatura atual não atribui emoções a entes que não sejam vivos, dotados de estrutura biológica. Ela, a ciência, estabelece-se em um campo de conhecimento específico, que determina a relação existencial com o mundo e com outros indivíduos. Pode parecer óbvio, mas a ciência é uma construção humana.

O homem através da linguagem científica vislumbra o mundo que se revela, chegando quase a esquecer que a formulação deste mundo tem gênese em sua mente. O acesso a esta formulação mental parte de uma ação humana essencial: o observar. O observar está enraizado no contexto e é fortalecido pelas referências do sujeito ou indivíduo que observa. A observação como um ato de distinção, utiliza também elementos que valorizam ou atribuem significados, que são construídos no decorrer da história do observador.

Enfatizando as idéias expostas até agora, considerando o observador, há de se requerer uma nova postura perante o objeto observado em contraponto à maneira clássica de realização da ciência, a qual se classifica por tratar a observação como uma descrição neutra do objeto. A partir desta negação da neutralidade do observar, formularemos uma perspectiva para a pesquisa científica: a necessária inclusão e compreensão do observador no ato de observar para o fenômeno da explicação.

Para Maturana (2006, p. 32): “se aceito a pergunta pelo observador, tenho que considerar a Biologia, porque se interfiro com a Biologia interfiro com o observar”. Afirmando isso, insere-se a Biologia sob perspectiva do ser que observa, caracterizando-o como sistema vivo e não um ente, sem participação ou neutro emocionalmente. As condições biológicas do indivíduo, ou seja, sua constituição enquanto ser vivo na realização de suas funções orgânicas, também são fatores predominantes nas suas ações e entre elas a configuração de um ato de distinção, que é o que distingue o observar.

1.3.2 A contabilidade lógica

Falamos a respeito do observador de maneira enfática anteriormente. E tal posicionamento pode provocar uma visão equivocada a respeito do pensamento defendido nesta dissertação.

O ponto de vista de que o observador influencia suas concepções científicas sobre o que observa, cria uma sensação de que tudo é válido, já que o observador pode distinguir aquilo que seja de seu “interesse”. Esta é armadilha do solipsismo que deve ser evitada (cf. MATURANA e VARELA, 2001, p. 148 – 150). Uma visão solipsista configura uma condição de isolamento total. Outro equívoco é atribuir a esta condição do observador um caráter relativista. A importância do observador como criador e autor das concepções não indica que qualquer distinção seja válida para as ciências.

Ao falarmos de linguagem já estava implícito que dependemos da relação ou interação entre indivíduos. Defendemos o conceito de que somos seres humanos na linguagem, do viver na linguagem. Também, pela mesma linha de pensamento, o explicar necessita da aceitação do outro. Ambos os casos (fenômenos) indicam a necessidade de uma interação, no mínimo entre duas pessoas em um ato comunicativo, que já contradiz o solipsismo. Para solucionar equívocos na forma que tratamos o papel do observador como influente na sua maneira de distinguir fenômenos, recorreremos ao conceito de *Contabilidade Lógica* de Maturana e Varela.

Por *Contabilidade Lógica* compreendemos a operação realizada pelo observador que permite que a perspectiva das distinções que ele faz sejam suas ações efetivas e não a dos objetos ou fenômenos que ele observa, descreve ou explica. É ele, o observador, quem faz as correlações entre os diferentes domínios, comportamentos, fenômenos e outros elementos descritos em sua observação.

A explicação, é um fenômeno distinguido pelo observador, que se apresenta em uma condição diferente da experiência concreta ou do vivenciamento. Como já foi explicitado anteriormente: a explicação realiza-se em um momento de comunicação, além da observação do fenômeno de forma concreta, pois a experiência física foi transposta para a linguagem. Diante disto, aceitar uma explicação exige uma contabilidade lógica para que o observador entenda que a distinção do fenômeno do ambiente físico foi realizada por ele em um ato de correlação, e que a forma que observou juntamente com a existência do fenômeno distinguido é de sua completa responsabilidade.

Os critérios estabelecidos como válidos para aceitar a explicação é responsabilidade do observador. Os observadores podem convergir quanto a estes critérios, compartilhando-os,

e esta ação de compartilhar atribui estes critérios às ciências e influenciam na perspectiva da investigação.

Retomaremos conceito da *Contabilidade lógica* com maior profundidade ao falar do sistema nervoso, até aqui, a definição exposta acima deve ser suficiente para compreender o conceito como fundamental no ato de observar, e parte de um princípio do Maturana e Varela que já foi também citado anteriormente: “Tudo que é dito, é dito por alguém” (MATURANA e VARELA, 2001, p. 150).

1.3.3 O observador e o meio

“Nós, seres humanos, operamos como observadores” (MATURANA, 2002b, p. 245), e como humanos, estamos sujeitos a nossa condição biológica neste operar. Mais ainda, somos observadores do nosso próprio observar. O ato de observar é distinguido por esse modo próprio que nos coloca numa posição de observador, sendo tudo isto, um processo cíclico e retroalimentador.

A posição do observador em relação ao fenômeno distinguido por tal observação acontece em um meio onde ele vive. O contexto é importante, pois como já foi afirmado anteriormente “somos observadores no viver”. Como observadores estamos interagindo com o meio externo ao organismo biológico que observa. Há uma relação entre sujeito-observador e o meio-objeto.

Werner Heisenberg, criador do princípio da incerteza, elaborou uma base epistemológica que define uma ordem para a compreensão da realidade a partir desse duo sujeito-objeto. Ele descreve a realidade sobre uma perspectiva seletiva de elementos. Para ele o conjunto de elementos acessados pelo indivíduo em um determinado momento é uma região da realidade, o que poderíamos entender como uma perspectiva em um recorte temporal. De fato, se considerarmos que nossa visão é constituída por um conjunto de elementos percebidos em um determinado instante, teremos uma região de observação. De acordo com Heisenberg (2009, p. 37⁸):

⁸ Manuscrito original de 1942, pág 372.

É claro que a ordenação da realidade deveria substituir a divisão grosseira do mundo em uma realidade objetiva e uma realidade subjetiva, e se desdobrar entre esses pólos do sujeito e do objeto de tal forma que no seu limite inferior se mantêm as regiões nas quais podemos objetivar de maneira completa. Em seguida, a elas deveriam se juntar às regiões nas quais os estados de coisas não podem ser completamente separados do processo de conhecimento através da qual viemos a colocá-los. Enfim, deveria se manter no mais alto nível da realidade no qual os estados de coisas somente são criados em conexão com o processo de conhecimento.

Heisenberg criou uma compreensão de realidade fundamentada nesta relação entre sujeito e objeto. Ele buscou uma ordenação lógica separando o acesso às regiões de acordo com a formação das áreas das Ciências da Natureza, por dizer a física, a química, a biologia e atribui uma divisão superior onde ficaria localizada a consciência humana.

As ciências da natureza, mesmo nos dias de hoje, dividem-se quanto à realidade desta forma, estabelecendo regiões de acesso que são possíveis somente com o conhecimento de cada uma das áreas isoladamente. No entanto, insistimos na concepção do observador em seu ato de distinção, para refletir sobre essa divisão da realidade.

O observador é que interage com a realidade, na verdade, com o meio, pois a realidade seria um acesso completo a um mundo físico que independe do observador. Qualquer que seja a percepção de um meio (termo que condiz melhor com a epistemologia da investigação) está atrelada ao observador. Neste ponto há uma diferença entre acessar uma região da realidade e ter o observador percebendo um meio com o qual interage.

As Ciências da Natureza são um conjunto de conhecimentos específicos, que podem diversificar a interação do observador com o meio, simplesmente pelo fato de permitir uma percepção de fenômenos que encontram validade na explicação aceita por elas. Mas a responsabilidade de distinção através da percepção destes fenômenos é do observador em sua condição biológica e cultural.

Ao tratar da observação do meio considerando o acesso por um ato de distinção, estamos configurando um conjunto de elementos da observação, que se percebidos em conjunto formarão uma unidade. Maturana (2002b, p. 128) define unidade como: “uma entidade concreta ou conceitual, dinâmica ou estática, especificada por operações de distinção

que a delimitam num background, e a caracterizam pelas propriedades que a operação de observação lhe atribui”.

Maturana e Varela (1998, p. 21) defendem esta linha de pensamento a respeito do ato de distinção, que é conveniente que a organização não seja arbitrária ao fazer do observador. A percepção do meio, sob uma organização distinguida ou o estabelecimento de uma região de observação, depende da configuração relacional da estrutura do observador e da natureza do fenômeno que ele distingue.

O que poderia ser comum á ordenação da realidade de Heisenberg e a perspectiva da percepção do meio descrito por Maturana nos seus estudos sobre o fenômeno do conhecer seria que, o que Heisenberg chama de *região*, poderia equivaler ao que Maturana define como *domínio*. E, também, ambos aparentemente defendem uma idéia de conhecimento científico humanizado. Mesmo que, no caso do Heisenberg este seja um discurso implícito.

Estes valores e a inserção do sujeito como protagonista da interação com o meio altera significativamente a perspectiva na qual o conhecimento, a Biologia e o ensino devem ser tratados, e por isso, foram abordados aqui. Quando argumentamos sobre processos e relações envolvidos com os sujeitos e os objetos, respectivamente observadores e meio, contextualizamos as conexões entre as diversas áreas do ensino e das Ciências da Natureza, proporcionando talvez uma compreensão do sujeito perante o mundo.

O contexto, ou seja, o meio onde o observador está inserido pela sua percepção, pode fazer uma diferença fundamental na maneira pela qual os estudos científicos são realizados, o que envolve diretamente a explicação. Bateson (1972, p. 9, grifo do autor), ressaltou a importância do contexto como fator diferenciador das ciências:

De hecho, el fenómeno del contexto y el fenómeno relacionado con él estrechamente, del *significado* definen una división entre las ciencias *duras* y el tipo de ciencia que yo estaba intentando construir.

A partir desta perspectiva de Bateson sobre o contexto, talvez entendamos o antagonismo existente entre as ciências que, aparentemente consideram o contexto de forma elevada geralmente categorizada como ciências humanas ou sociais, e as ciências que isolam

o objeto do contexto de modo supostamente “neutro”, ditas *ciências duras* (*hard science*). No entanto, mesmo que não apareça explicitamente, o contexto é indissociável do fazer científico, porque o observador está inserido em um meio que percebe e, esta condição é inseparável da própria existência humana.

Consideramos necessário explicitar sobre o contexto— como parte da perspectiva epistemológica que buscamos explicar — que o homem é um observador, inserido em um meio, no qual interage pela sua organização biológica e ao mesmo tempo distingue através de sua percepção, uma perspectiva deste meio.

1.3.4 Um método de validação da explicação

O compartilhar de um modo de ver o mundo não é uma tarefa fácil, porém é necessário para a aceitação ou negação das explicações. A construção teórica de uma ciência depende deste fato, e por isso, há uma necessidade de explicitar a validade científica do que será tratado a seguir, pelo modo que compreendemos ser o que mais satisfaz uma explicação.

Primeiramente, temos o fenômeno humano do observar como elemento fundamental, acontecendo no viver e na linguagem. O observar pode definir um grupo científico quando estes apresentam em comum um modo consensual de observação. Uma teoria científica é aceita por uma parte, se o arcabouço desta é compartilhado por um grupo de observadores. E por outra parte, pelos seus critérios de validação. Mas ambas as situações são manifestações do observar compartilhado.

Para compor este campo de validação, utilizaremos idéias de pensadores e cientistas que dialogam entre si, formando conceitos chaves que servirão como elementos constituintes dos argumentos deste trabalho. Mas, tratando da concepção das ciências biológicas de forma ímpar, e tendo uma visão biológica-cultural, tomaremos como fundamento central entre estes autores à compreensão de Maturana e Varela para o conceito de validação científica.

A validação se realiza pelo consenso de aceitação da explicação por uma comunidade científica. Ela precisa conter em sua descrição quais procedimentos foram realizados para chegar aos resultados finais. Tais procedimentos são os métodos de investigação. Este

conjunto entre observação, método, descrição e validação compõem o fundamento de uma explicação científica.

De acordo com Maturana e Varela (2001, p. 34), temos as seguintes condições para uma explicação científica:

- I. Descrição do fenômeno ou fenômenos a explicar, de maneira aceitável para a comunidade de observadores.
- II. Proposição de um sistema conceitual capaz de gerar o fenômeno a explicar de modo aceitável para a comunidade de observadores (hipótese explicativa);
- III. Dedução, a partir de b, de outros fenômenos não explicitamente considerados em sua proposição, bem como a descrição de suas condições de observação na comunidade e de observadores;
- IV. Observação desses outros fenômenos, deduzidos a partir de b.

Analisaremos de forma distinta estas etapas da explicação científica proposta por Maturana e Varela. Primeiramente temos o *fenômeno a explicar (I)*. O fenômeno a explicar não é exclusivo à observação científica. É um fato cotidiano. E por ser corriqueiro na vida do ser humano passa despercebido, a não ser que nos coloquemos na posição de “observadores no observar” e saibamos como descrever o caminho para que possamos ver o fenômeno. Maturana (2006, p. 55) afirma que “o fenômeno a explicar é sempre apresentado como uma receita do que um observador deve fazer para ter a experiência que vai tratar como fenômeno a explicar”. Mais ainda é uma relação direta com um objeto de observação, que permite um acesso a uma região ou domínio, é uma ação efetiva que acontece por distinção.

Maturana e Varela (2001, p. 35) definem o fenômeno a explicar como “ação efetiva do ser vivo em seu meio ambiente”. Uma ação efetiva de distinção constitui uma unidade de observação, que neste caso, permite vivenciar na linguagem o fenômeno a explicar. Esta etapa tem relação direta com o objeto, com a ação efetiva ou com a experiência vivida do observador em uma dada situação. A tentativa de compreensão se dá no que este, o observador, vive como experiência.

Quanto à segunda condição da explicação científica, a *hipótese explicativa (II)* (MATURANA e VARELA, 2001, p. 35), que é onde surge a proposição de um sistema

conceitual capaz de gerar o fenômeno a explicar, são os procedimentos metodológicos e as fundamentações teóricas que permitem a compreensão de como esses fenômenos surgem e em quais domínios de suposições (hipóteses) estes podem ser descritos, explicados, constatados ou verificados. Nesta etapa em particular, há um peso maior nas referências científicas, sejam elas teóricas ou práticas, aceitas por um grupo científico dentro da sua perspectiva de domínio de realidade.

A hipótese explicativa está intimamente relacionada ao observador em seu ato de distinção. Para Maturana e Varela (2001, p. 47) “o ato de designar ente ou objeto, coisa ou unidade, está ligado à realização de um ato de distinção, que separa o designado e o distingue de um fundo”. Este ato de distinção concretiza-se na linguagem compartilhada com outros observadores. A relação entre a hipótese e o observador em seu ato de distinção pode ser observada se tomarmos como exemplo a formação do cientista. A hipótese é formulada com base na experiência e na história dele, e ao mesmo tempo, utiliza-se das referências que adotadas nesse percurso, e para que seja satisfatória, a hipótese deve surgir de um mecanismo gerativo, ou seja, de um sistema conceitual. Bateson (1972, p. 9) compartilha com a perspectiva da hipótese inicial quando diz:

És indudable que ciertos niveles más profundos de la mente guían al hombre de ciencia o al artista hacia experiencias y pensamientos que guardan pertinencia para aquellos problemas que de alguna manera son suyos, y esta guía parece actuar mucho antes de que el hombre de ciencia tenga algún conocimiento consciente de sus metas.

As condições restantes: *dedução (III)* e *observação (IV)*, acontecem na relação entre observador com o objeto, na realização das operações do observar do fenômeno. A dedução deve atender a compreensão de fenômenos que acontecem subjacentes e em outras operações do viver do observador que não estão na unidade de observação. Esta ação de dedução é correlata à condição seguinte da *Observação de outros fenômenos (IV)* que fornece elementos adicionais necessários ao entendimento e a realização da experiência proposta na hipótese explicativa.

Atendendo a estas quatro condições da explicação científica, a explicação é aceita pelos observadores que compartilham o sistema conceitual proposto e se configura um domínio de validação. A relação do observar como determinante na unidade de observação (por atos de distinção ou ações efetivas de operação do observador) deve ser bem definida para que este modelo de validação se sustente. Na tabela 1 são apresentados os domínios e, relação à condição da validação de uma explicação.

Condições	Operações	Domínio
I.	Fenômenos a explicar	objeto de observação (ação efetiva)
II.	Hipótese explicativa	observador (distinção)
III.	Dedução	relação entre observador e unidade de observação
IV.	Observação de outros fenômenos	relação entre observador e unidade de observação

Tabela 1. Método de validação em relação aos domínios do observador e a unidade de observação.

O fenômeno investigado neste estudo é o explicar na constituição natural do existir humano. A explicação é uma manifestação comportamental que alcança tanto a ciência quanto o conhecimento do senso comum, o que leva a procurar como a ciência e o ensino surgem no processo natural do conhecimento humano, uma vez que estes orbitam também em torno do explicar.

As condições da validação científica apontada por Maturana e Varela serão construídas no decorrer do texto, e ao final realizar-se-á uma correspondência com este método. Desse modo, O explicar é um fenômeno resultante de uma ação efetiva, assim como conhecer. De acordo com os teóricos supracitados e em concordância com o posicionamento desta investigação, uma hipótese é elaborada por um consenso de conceitos e perspectivas de alguns cientistas, ou seja, é formulada através de um paradigma.

Sabendo que o paradigma aqui adotado considera o observador como principal responsável pela construção desta ciência, podemos deduzir outros fenômenos a partir deste conceito. Este trabalho de pesquisa foi conduzido levando em conta estes critérios de validação. A investigação segue para construção de explicações que, somente neste âmbito

são consideradas científicas. E ainda, para corroborar, os autores citados como referências asseveram: “uma afirmação só é científica quando se fundamenta em explicações científicas” (MATURANA e VARELA, 2001, p. 34).

Por tanto, as hipóteses do fenômeno a explicar serão sustentadas quando obtivermos um sistema conceitual dotado de explicações científicas, e que seja capaz de gerar o fenômeno explicativo como resultado da ação do ser vivo. O que será tratado nos próximos capítulos.

1.4 A perspectiva epistemológica a partir da biologia do observador

Agora que já foi tratada a condição fundamental do observador no observar, continuaremos abordando a epistemologia na tentativa de estabelecer princípios para a construção de um modelo para o fenômeno da explicação defendida nesta dissertação. Desse modo, poderemos distinguir as diretrizes para justificar o sistema conceitual proposto e embasar as considerações ao final deste trabalho.

Ser um observador no observar é uma condição estritamente humana. Como observadores humanos, somos seres biológicos, e como já foi afirmado por Maturana (MATURANA, 2006, p. 32) se aceitarmos a pergunta investigativa pelo observador teremos que considerar sua organização biológica. Porque se muda a biologia muda o observar.

Quanto ao observador e a explicação na própria *práxis* do viver, Maturana (2002b, p. 248) elenca com os seguintes princípios:

A - O observador se encontra observando de fato, ou seja, ele ou ela se encontra como observador na *práxis* do viver (no acontecimento do viver, na experiência do viver) na linguagem, numa experiência que acontece a ele ou a ela como se surgisse do nada;

B - Qualquer explicação ou descrição de como se dá algum aspecto da *práxis* do viver do observador é, operacionalmente secundária a essa *práxis* do viver, apesar de que tanto as explicações quanto as descrições também ocorrem na *práxis* do viver do observador, e podem ser tratadas como experiências a serem explicadas;

C - Explicações e descrições não substituem o que elas explicam ou descrevem, e;

D - Se explicações e descrições são secundárias à práxis do viver do observador que supostamente elas explicam ou descrevem, e se, enquanto tais, elas não a substituem, então, é claro que explicações e descrições são estritamente desnecessárias para a práxis do viver do observador, mesmo se a práxis do viver do observador muda depois que ele ou ela as escuta.

Como observadores, vivenciamos os fenômenos na *práxis* do viver, observamos o fenômeno na linguagem, distinguindo-o de um *background*. No ato de distinção deste *background*, nós os observadores, descrevemos o fenômeno de modo tal, que ele, só passa a existir por causa da existência do observador e seu viver na linguagem. Em hipótese alguma, a explicação ou descrição do fenômeno substitui à *práxis* do observador. Ambas são secundárias ao viver. Desse modo, não são necessárias ao viver.

A importância da explicação está nas mudanças que essa provoca na conduta observador, em seu modo de interagir com o meio no seu viver. Pois esse se posiciona em um ato de observar na linguagem, distinguindo por sua observação fenômenos do seu viver. E esse ato de observar está sujeito a perspectiva do observador, e, nesse caso, a compreensão está atrelada a sua história pessoal e a sua organização biológica.

Para Maturana (2002b, p. 248), um observador pode ser compreendido de duas maneiras em um ato de explicação, ou seja, seu “escutar⁹” uma explicação pode ser de duas maneiras. Uma das maneiras é desconsiderar as habilidades cognitivas do observador. A outra é a perspectiva biológica da explicação que considera as habilidades cognitivas.

A explicação é realizada pelo observador na sua condição biológica e do viver, no entanto, sem que ela substitua à práxis do viver e a própria condição biológica. Tudo que foi explicitado anteriormente, buscou reformular a pergunta da explicação pela perspectiva do observador, e ainda, acrescentamos a esta a condição biológica do observador. Realizando a pergunta pela perspectiva biológica do ser vivo enquanto observador Maturana indica dois caminhos explicativos: a *objetividade sem parêntese* e a *objetividade entre parêntese*.

Ibid. (p. 248) afirmou:

⁹ Terminologia do próprio Maturana.

No caminho explicativo da objetividade sem parêntese, o observador, implícita ou explicitamente, aceita suas habilidades cognitivas enquanto tais como suas propriedades constitutivas, e ele ou ela o faz aceitando, ou até mesmo rejeitando, uma investigação completa de suas origens biológicas. Fazendo isso o observador, implícita ou explicitamente, assume que a existência acontece independentemente do que ele ou ela fazem, que as coisas existem independentemente de se ele ou ela as conhece, e que ele ou ela pode conhecê-las, ou pode saber delas, ou pode saber sobre elas através da percepção ou da razão.

A *objetividade sem parêntese* dá por válida a existência das observações independente do observador e as habilidades de conhecer deste como algo constitutivo dela. Não há uma variação biológica da constituição do observador enquanto ser vivo, pois tudo que acontece independe dele. O observador é apenas um testemunho de eventos exteriores, que não estão relacionados a suas capacidades de percepção e cognição. Nesta perspectiva, o observador atribui valores de validade a entes que dão sentido a sua *práxis* do viver, ou seja, utiliza como referência de suas explicações entes que são externos a sua ação do viver. Isto implica que o observador não interfere na sua observação e na reformulação do viver através de seus atos de distinção.

A linguagem possibilitou a distinção de fenômenos em um meio que não seja o viver. Desse modo, é de inteira responsabilidade do observador a distinção na linguagem, e como tal se aceitarmos que o observador faz referência somente a entes externos a ele, não possui responsabilidade (autoria) alguma em relação aos fenômenos que observa, distingue e descreve. A explicação ficaria como uma descrição pura e exata dos fenômenos presenciados. E como a observação é constituída no “ente” só existirá uma única forma correta de observá-lo, pois qualquer outra forma estaria incorreta porque provocaria mudança na constituição dele, levando o observador a outro domínio.

No caminho da explicação da *objetividade sem parêntese* a pergunta é feita pela referência externa; é validada pelo “ente”, e não pela aceitação do observador de acordo com sua percepção e capacidade cognitiva. Se aceitarmos a pergunta pelo “ente”, e não pelo observador, a ciência, possivelmente, se aproximará do mesmo critério de validação da religião, ou seja, isto significa que esta aceitação é um ato de fé.

Maturana (2002b, p. 248, grifo do autor) assevera:

Nesse caminho explicativo, o observador faz referência a entidades tais como *matéria, energia, mente, consciência, idéias...* ou *Deus*, como seu argumento último para validar – e consequentemente, para aceitar – uma reformulação da práxis do viver com outros elementos de sua práxis de viver, como uma explicação de algum outro aspecto de sua práxis do viver.

Compreendemos que Maturana está ressaltando que, o observador ao aceitar a pergunta por “entes”, esta validando toda sua práxis, por uma parte dela. Isto consequentemente resulta que, se aceita apenas uma parte ou um elemento do viver, como modelo de explicação aceito para toda sua vivência, logo ele reformulará sua práxis inteira por esse modelo explicativo. Este caminho, sendo intrincado nesta relação de reformulação pela parte, poderá criar uma situação em que o observador nunca perceba a sua influência na interação do viver.

As entidades, na objetividade sem parêntese, tomarão o papel de construtor da realidade, e todo o resto que não está de acordo com sua aceitação será considerado uma ilusão. Daqui surge um caminho explicativo único, com negação de tudo aquilo que apresente uma divergência a seu modelo explicativo. Maturana (2002b, p. 249) explica:

Finalmente, nesse caminho explicativo, a aceitação, por parte de diferentes observadores, de diferentes tipos de entidades independentes como fonte definitiva de validação de suas explicações constitutivas os leva a validar, com o seu próprio comportamento, universos, realidades ou domínios de exclusivos, como a única e última realidade.

Ao aceitarmos uma realidade como constituinte de critérios para validar a explicação, estamos construindo um modelo de explicação que nega qualquer outro caminho explicativo. Tal aceitação leva-nos a compreender os fenômenos apenas por uma perspectiva objetiva sem considerar qualquer variação de perspectiva que possa existir, ignorando deste modo, considerar a constituição destes fenômenos pelo observador, que é quem distingue.

A objetividade, calcada nos princípios de validação pelas entidades externas ao observador, pode levar a um extremismo de aceitação e negação total do outro; de rejeição completa de perspectivas explicativas diferentes, e que muitas vezes, tentam compreender o mesmo fenômeno.

Se o observador aceitar a explicação pelos fenômenos validados por “entes”, o ato de distinção e a explicação serão anteriores (em importância) a práxis do viver, sendo que, ambas acontecem na linguagem. A perspectiva de acordo com esta afirmação de aceitação dos fenômenos, contraria a visão que defendemos e explicamos anteriormente de que, a explicação é desnecessária ao viver para a sua realização, mas que é importante na reformulação do viver. Sendo que, o viver é anterior a explicação.

A *objetividade sem parêntese* torna o ato de distinção da realidade um privilégio de poucos seres humanos que aceitam a validação por suas entidades independentes, e negam os outros que não pertençam a este critério de aceitação. Maturana (2002b, p. 249) descreveu o quanto esta negação do outro tem consequências no modelo explicativo:

Portanto, nesse caminho explicativo, uma explicação implica, operacionalmente, uma asserção implícita feita pelo observador que explica segundo a qual ele ou ela tem um acesso privilegiado a uma realidade objetiva e independente, e que é essa realidade objetiva que atribui validade a suas explicações. Devido a essa circunstância, nesse caminho explicativo qualquer discordância entre dois ou mais observadores sempre toma a forma de uma disputa em negação mútua. Além disso, nesse caminho explicativo, os observadores em desacordo constitutivamente não assumem a responsabilidade de sua negação mútua e nem podem fazê-lo, porque essa negação mútua é a consequência de argumentos cuja validade não depende dos observadores. Nesse caminho explicativo um apelo ao conhecimento equivale a uma petição de obediência.

A negação do outro e o apelo ao conhecimento é uma situação trivial na sala de aula, e principalmente no ensino de ciências, onde há um confronto entre o conhecimento científico e qualquer outro tipo de conhecimento. Talvez esta situação seja a Genesis dos problemas encontrados quando um estudante, referenciado na sua vida cotidiana nega o conhecimento científico apresentado pelo professor. Há um confronto de negação entre os “entes” sociedade

e ciências, invalidando e negando os modelos explicativos antagonistas da interação entre esses observadores, professor e estudante.

1.4.1 A objetividade entre parênteses

A *objetividade entre parênteses* é o outro caminho explicativo indicado por Maturana (2002b, p. 248) o qual corresponde com a perspectiva defendida nesta investigação a respeito do fenômeno do explicar. Esta perspectiva abrange um sistema conceitual que reconhece o observador, e ao mesmo tempo, aceita a pergunta de pesquisa feita por qualquer observador. Também considera a constituição biológica como fundamental ao viver, além disto, destaca que somos observadores no observar.

A respeito da *objetividade entre parêntese*, Maturana (2002b, p. 252) estabelece quatro princípios fundamentais:

Princípio I. “No caminho explicativo da objetividade entre parênteses, o observador se encontra como fonte de toda a realidade através de suas operações de distinção na práxis do viver”. Este princípio reforça o argumento a respeito do observador como responsável pela distinção de fenômenos na sua operação do viver. Ele, o observador, que distingue aquilo que observa, ao contrário da objetividade sem parêntese, que atribui esta responsabilidade a um fenômeno extra-observador, ou seja, a um “ente”.

A distinção que é responsabilidade do observador depende de sua constituição enquanto ser vivo, e está sujeita a sua condição biológica. Maturana (2002b, p. 249) afirma: “como um ser humano, ele ou ela, é um sistema vivo”. Isto implica em aceitar a pergunta investigativa pelo observador ciente de que, ele, é um sistema vivo, sujeito a sua constituição.

Considerar o ato de observação através da constituição biológica torna diferente o entendimento sobre a explicação de um fenômeno, pois como seres vivos dependemos da biologia de nosso organismo para perceber o meio (realidade), se mudar a biologia, muda a nossa percepção também. Na vida cotidiana estamos o tempo inteiro lidando com ilusões e percepções (cf. MATURANA e VARELA, 2001, p. 22 – 28) enquanto observamos. Outra consideração que destaca o fator biológico na observação, é que nossa habilidade cognitiva é

biológica também. Ibid. (p. 249) descreve: “suas habilidades cognitivas de observadores são fenômenos biológicos, porque são alteradas quando sua biologia é alterada, e desaparecem com ele ou com ela no momento de sua morte”.

O observador pode distinguir diferentes domínios de realidade de acordo com o tipo de operação de distinção que realiza. A este respeito Maturana (2002b, p. 252) descreve o segundo princípio da *objetividade entre parêntese*:

Princípio II. “Ele ou ela pode trazer à mão tantos domínios de realidades diferentes, mas igualmente legítimos, quantos forem os tipos diferentes de operações de distinção que ele ou ela puder executar em sua práxis do viver”. A legitimidade à qual o autor se refere, é atribuída ao observador que distingue, pela aceitação da explicação como válida. Isto deixa claro que nem tudo é válido nas ciências se fizermos a pergunta pela ciência como “ente”, mas se fizermos a pergunta pelo observador através de sua distinção, para ele, é totalmente legítima.

O observador pode fazer distinções em domínios diferentes de acordo com as operações que realiza nesta distinção. Um observador na perspectiva da física distingue o fenômeno atômico (Teoria Atômica) de acordo com as propriedades e critérios destes ramos do conhecimento humano, mas isto não impede que ele, utilize também critérios da química para um ato de distinção. E ainda, a distinção de ambas as perspectivas podem ser tão diferentes quanto aos critérios de validação, que a um observador externo deste, pode parecer que se trate de distinções em realidades diferentes, mas ambas legítimas para o observador.

A distinção em diferentes domínios acontece de forma natural no viver do ser humano enquanto observador. As diferentes formas de distinção existem e podem ser comprovadas por experiência, de modo tal, que algumas áreas do conhecimento científico encontram-se tratando do mesmo assunto de forma fragmentada. Como exemplo os temas: o átomo, o planeta Terra, o meio ambiente, entre outros, que são estudados pela física, química e biologia.

O homem pode ser um ser vivo para a Biologia, um corpo que ocupa espaço para a física, um agente social para geografia, uma psique para psicologia, uma unidade estatística para a matemática, um conjunto molecular orgânico de matéria para a química, o resultado do DNA para a genética, entre outros. Todas estas distinções científicas podem coexistir. Elas são distinções em domínios diferentes e totalmente legítimas para os observadores que a distinguem.

A distinção em diferentes domínios é de responsabilidade do observador, e para que o mesmo não caia no caminho explicativo da objetividade sem parêntese deve realizar o que Maturana e Varela definiram como *contabilidade lógica*, que já foi tratado anteriormente na página 31, deste capítulo.

Princípio III. Na *objetividade entre parêntese* descrito por Maturana (2002b, p. 252): “ele ou ela pode usar um ou outro desses diferentes domínios de realidade como um domínio de explicações, de acordo com o critério de aceitabilidade para uma reformulação adequada da práxis de viver que ele ou ela usa em seu escutar”. O princípio trata da reformulação da práxis do viver através de um ou vários domínios aceitos pelo observador.

O fenômeno do explicar, nesta investigação, está sendo reformulado pela perspectiva biológica e pela responsabilidade do observador no ato de observar, e se aceitamos esta distinção como válida, é porque o aceitar está relacionado diretamente com o domínio de explicações que consideramos legítimos.

O domínio explicativo esta na objetividade entre parêntese porque o observador assume sua distinção, sem atribuir as ciências a responsabilidade de explicar o fenômeno do explicar. Esta afirmação implica no quarto princípio do Maturana (*ibidem*) a respeito da *objetividade entre parêntese*:

Princípio IV. “Ele ou ela é operacionalmente responsável por todos os domínios de realidade ou explicações diferentes que ele ou ela vive em suas explicações de sua práxis do viver”.

Há uma responsabilidade no ato de distinção, que pode ser demonstrada quando dois observadores ao descreverem duas explicações em domínios diferentes, assumem a posição de negação do outro em defesa da validade de seu caminho explicativo. Um observador externo, ou seja, um terceiro observador ao distinguir as explicações, verificará que ambas são legítimas para seus respectivos observadores, que operam em diferentes domínios, inclusive ele mesmo. Ao operar em domínios diferentes, os observadores estão explicando de acordo com a sua práxis do viver.

No caminho da *objetividade entre parêntese*, o observador é exposto à idéia que existem diferentes domínios de observação, e que realizando a pergunta pelo observador, as explicações em diferentes domínios são igualmente legítimas, mas não igualmente desejáveis. Maturana (2002b, p. 253, grifo nosso) distinguiu ao falar a este respeito:

O observador que segue o caminho explicativo **se dá conta**¹⁰ que ele ou ela vive num multiverso, ou seja, em muitas realidades explicativas diferentes, igualmente legítimas, mas não igualmente desejáveis, e que no multiverso um desacordo explicativo é um convite a uma reflexão responsável sobre a coexistência, e não uma negação irresponsável do outro. Em decorrência disso, nesse caminho explicativo, uma ilusão é uma afirmação de uma distinção ouvida a partir de um domínio de realidade diferente daquele no qual ocorre e onde é válido, e a experiência de uma ilusão é uma expressão do observador de sua confusão de domínios explicativos.

Desse modo, se a *objetividade sem parêntese* considera a validade e aceitação através de entes externos ao observador, uma única realidade de observação é uma verdade única. Em contrapartida, a *objetividade entre parêntese* considera muitas realidades explicativas, a existência multiverso e de domínios explicativos diferentes que constituem muitas verdades. Isto não pode ser confundido com uma perspectiva relativista da realidade. De acordo com o Maturana (2006, p. 37): “A realidade é uma proposição explicativa”, e ainda a respeito da realidade, Ibid. (p. 156) afirma “é um domínio especificado pelas operações do observador”.

No caminho explicativo da *objetividade entre parêntese* apontado por Maturana, qualquer afirmação do conhecer é um convite a reflexão e observação da perspectiva de um domínio que seja compartilhado pelos observadores, que caso ocorra à aceitação por parte de todos a tornarão uma explicação.

¹⁰ Grifo nosso: destaca-se o papel da autoconsciência do sujeito que deve passar por um caminho reflexivo.

CAPITULO II – CONSTITUIÇÃO BIOLÓGICA DO OBSERVADOR

A explicação é realizada por alguém que diz algo a alguém. Ela é uma reformulação da experiência vivida pelo observador, distinguida por este na linguagem. O observador que distingue é um ser vivo, e como todo ser vivo é constituído pela sua natureza biológica.

Já tratamos no capítulo I, a respeito da pergunta do fenômeno do explicar levando em consideração o observador. Agora tentaremos explicitar um sistema conceitual a respeito de como foi e é constituída a biologia de quem observa. Lembrando que: somos seres biológicos e considerar esta constituição do ser vivo é um dos *caminhos da objetividade entre parênteses*.

Para esta perspectiva biológica, é necessário descrever um sistema conceitual que explique a biologia do observador, e os fundamentos teóricos que sustentam a investigação provêm das pesquisas realizadas por Humberto Maturana e Francisco Varela. Suas teorias em muitas ocasiões exigem um conhecimento amplo sobre biologia e as investigações que realizaram no decorrer de suas vivências, sendo pertinente revelar a terminologia que esses utilizam no desenvolvimento de sua teoria do conhecimento, e ao mesmo tempo auxiliar na compreensão do surgimento do conhecer como algo natural ao desenvolvimento humano em sua história de existência.

O livro “*El Árbol del Conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*”, teve sua primeira versão escrita em 1984 e representa talvez a sustentação mais importante para a Biologia Cultural. Ele descreve uma teoria do conhecimento que se posiciona a partir do observador. Os autores, Maturana e Varela, elaboraram nele a sustentação das suas principais concepções a respeito do surgimento do conhecimento no decorrer da vida e no desenvolvimento do homem.

A teoria do conhecimento de Maturana e Varela segue a linha de pensamento da Biologia histórica e da Biologia funcional (MAYR, 2005), mas seu método de argumentação utiliza a conceituação da primeira particularmente. Esta delimitação é importante para compreendermos em que domínio explicativo os argumentos serão válidos. O que reforça a existência do capítulo I que revela de onde partiram as concepções epistemológicas da investigação.

Iniciamos na compreensão da biologia do ser humano com um aforismo-chave dito por Maturana e Varela (1984, p. 13): “*Todo hacer es conocer y todo conocer es hacer*”. O aforismo expressa a idéia da perspectiva construtivista do conhecer em íntima relação com o fazer, o que nega o fato de que o conhecimento é formulado pela existência de algo fora do indivíduo que aprende, o qual somente capta a existência do mundo exterior. A relação entre o fazer e o conhecer é um processo fundamental para a ação efetiva humana, já que, aquilo que se aprende é o que se conhece, e ambos são constituições nesta circularidade no viver. O conhecimento depende da realização do observador, enquanto ser biológico e social, em sua atuação com o meio e com outros seres vivos em seu viver.

O observador no acontecer do seu viver, realiza várias ações que retroalimentam seu processo de conhecer, o qual influencia na realização das suas ações novamente. É um processo cíclico entre ação e experiência.

A complexidade existente entre o conhecer é fazer e o fazer é conhecer, não é uma tarefa fácil de perceber. A perspectiva de Maturana e Varela possui uma conceituação própria, que necessita ser explicitada para atribuir sentido ao texto que desenvolveremos nesta dissertação. Deste modo, para uma melhor compreensão dos conceitos desenvolvidos pelos autores, os apresentaremos gradualmente nas unidades de ordenação da existência do ser vivo proposta por eles, a saber: as *unidades de primeira ordem*, as de *segunda ordem* e as de *terceira ordem*. E ainda, exporemos quais propriedades são comuns a todas elas, ou seja, características ou processos relacionais que surgem em todos os domínios de observação.

2.1 A Biologia é uma ciência sistêmica

Todo sistema conceitual desenvolvido e utilizado neste texto esta de acordo com o pensamento sistêmico, e este ponto deve ser esclarecido para dar prosseguimento na explanação. Para Vasconcellos (2009, p. 147) “pensar sistemicamente é pensar a complexidade, a instabilidade e a intersubjetividade”. A autora descreve que o pensamento sistêmico requer uma perspectiva que considere estes elementos como parte integrante do todo, que é a base epistemológica. Para tornar mais evidente qual dimensão de pensamento

ela se refere temos os seguintes esclarecimentos dados pela autora quanto à complexidade, instabilidade e intersubjetividade.

Para Vasconcellos a concepção de complexidade envolve sistemas amplos, redes, ecossistemas, causalidade circular, recursividade, contradições, pensamento complexo. Já a instabilidade diz respeito à desordem, evolução, imprevisibilidade, saltos qualitativos, auto-organização e incontrolabilidade. No que tange a intersubjetividade temos a inclusão do observador, auto-referência, significação da experiência na conversação e co-construção (VASCONCELLOS, 2009, p. 154). Além disto, para Hannah Arendt (2005) a intersubjetividade diz respeito em particular à pluralidade humana, isto se traduz, no fato de que não apenas um homem, mas muitos homens resultantes de uma variabilidade por deriva natural, o que provocou uma diversificação muito ampla dos que vivem na Terra.

A teoria sistêmica considera como fundamental a percepção do todo e suas inúmeras conexões entre e com as partes que compõem um sistema através do observador. Deste modo, o pensamento sistêmico considera o paradigma da complexidade como diferencial em relação ao pensamento linear reducionista. Ambos, pensamentos antagônicos, ao longo da história das ciências vêm se alternando entre si, sendo que o pensamento reducionista teve maior aceitação entre os cientistas, durante o final do século passado e do início do último século, do que o pensamento sistêmico.

Começamos o capítulo com o aforismo de Maturana e Varela de que “todo fazer é conhecer, e todo conhecer é um fazer”. Dentro dele já está revelada toda intencionalidade sistêmica. Ele possui natureza cíclica ao considerar um processo que interfere no outro – o fazer e o conhecer. O mesmo considera o observador como sujeito participante da ação. O sujeito que observa é ao mesmo tempo construtor do que observa e legítimo ser que valida a sua observação, convergindo com a *objetividade entre parênteses*.

A Teoria do Conhecimento de Maturana e Varela, que serve de base para explicar a biologia do observador, é uma teoria sistêmica e como tal possui *propriedades emergentes*, termo que iremos definir a seguir.

Toda vez que analisamos uma organização dentro de um todo, podemos perceber a existência de características que são próprias desse nível estrutural. Quando distinguimos a organização dentro de outra unidade de observação, digamos uma unidade em um nível mais complexo, surgem outras características que dependem de um sistema constitutivo maior do que as características do sistema estrutural anterior. Assim, de acordo com o nível ou a

configuração de uma organização que estamos analisando (observando) surgem propriedades diferentes. Por exemplo, quando observamos uma célula, temos características peculiares do nível celular, mas quando vamos pra organização dos tecidos humanos (formado por células) temos outras propriedades que surgem, e assim por diante até o nível da biosfera, no caso de estudos biológicos. Estas propriedades que se manifestam são consideradas *propriedades emergentes*.

Algumas propriedades surgem em diferentes níveis ao distinguir um sistema de organização como unidades de ordenação. Estas propriedades comuns podem até apresentar particularidades em cada nível de organização, mas possuem uma natureza essencial que as distingue como determinada propriedade. Uma distinção importante na linha do pensamento complexo e sistêmico é o *feedback*, uma das propriedades emergentes mais importantes. A palavra *feedback* é utilizada em diversos meios, inclusive os não científicos. A sua utilização de forma cotidiana atribui um significado de “resposta”. Isto é um erro comum que desvirtua o termo em sua significação.

Aqui, neste capítulo em específico, empregar-se-á a tradução *retroalimentação* no lugar do termo inglês “*feedback*”. Retroalimentação comporta mais o significado do processo cíclico em que há uma reutilização de informações, dando outro sentido ou modificando a ação, ao nível de operação de um sistema. Para Wieser (1978, p. 35) o princípio de retroalimentação “consiste em que numa reação $A \rightarrow B \rightarrow C$, C se ponha novamente em relação com A e o influencie”. Através deste conceito de retroalimentação, fica clara a natureza cíclica do processo, o que é muito diferente de uma “resposta”, que é um processo linear.

No ser vivo, a retroalimentação acontece como um processo interno, no qual o observador só pode verificar a mudança de comportamento e não a reação cíclica em si. Levando para o contexto educacional, o conceito de retroalimentação é fundamental para a aprendizagem. Por exemplo, a avaliação de aprendizagem consiste necessariamente na medição da manifestação comportamental da retroalimentação, que acontece no processo de aprender e ensinar.

Para complementar, Vasconcellos (2009, p. 115) define o termo retroalimentação (*feedback*) de forma explícita: “Isso que dizer que uma parte do efeito (*output*) ou do resultado do comportamento / funcionamento do sistema volta à entrada do sistema como informação (*input*) e vai influir sobre o seu comportamento subsequente”. Ilustrando a retroalimentação no âmbito fisiológico, Wieser (1978, p. 37) oferece um exemplo:

Outro exemplo nos é dado pela manutenção do nível de glicemia. O conteúdo normal em açúcar livre (glicose) no sangue de um mamífero é de 100mg/100cm³ de sangue. Se a concentração de açúcar aumenta, ativa-se a insulina, hormônio do pâncreas, que determina a transformação de açúcar em glicogênio e seu armazenamento no fígado. Contrariamente, um conteúdo baixo de glicose dá lugar à mobilização de outro hormônio na hipófise, por intermédio do qual se transforma novamente o glicogênio em açúcar que é entregue ao sangue.

O exemplo traz como fator A (Organismo), B (Hormônio) e C (Sangue / Nível de Glicose). Assim, C influencia diretamente no funcionamento que A opera. Quando C altera o mecanismo de funcionamento de A, reage modificando seu comportamento para redução do nível de glicose ou aumento. Fisiologicamente a natureza cíclica da ação é distinguível. É de fato, um processo de retroalimentação. Ela, a retroalimentação, também pode ser percebida na manutenção das funções vitais dos organismos, nos processos sociais e na aprendizagem.

2.2 O determinismo estrutural

O *determinismo estrutural* é uma das propriedades que se constituem na relação interna do ser vivo. A compreensão do determinismo estrutural é condição essencial na observação do organismo como sistema que possui duas dinâmicas principais. A primeira dinâmica é o seu modo de operar interno, ou seja, são as relações entre os seus componentes sistêmicos, e a segunda dinâmica é a respeito de como esse organismo interage com o meio externo.

Quanto à natureza do funcionamento da dinâmica interna do organismo não podemos confundir com a perspectiva do estímulo-resposta, onde o comportamento é realizado somente na existência de um “gatilho”. A perspectiva estímulo-resposta é a “via mestre” das ciências cognitivas a respeito do funcionamento do cérebro, que utilizam de conhecimentos da psicologia de forma clínica para compreender as situações de aprendizagem, e tal linha não é

congruente com a defendida nesta dissertação. Isso se justifica, pelo fato da psicologia clínica, geralmente, aceitar como válido que: as estruturas de funcionamento do cérebro são padrões às operações que eles realizam, e que todos os cérebros funcionam de acordo com sua estrutura de modo semelhante, que pode apresentar regiões ativas ou não.

Entender o que aceitamos por determinismo estrutural é necessário para que não haja equívoco quanto a essa concepção. Evitaremos que ao delinear o termo, o que se entenda por determinismo estrutural, não remeta a definição clássica e estática da palavra determinismo.

Os seres vivos possuem uma dinâmica interna que é composta pela relação estabelecida pelas partes conectadas de seu organismo. Esta dinâmica condiciona que o estudo de apenas uma parte de um organismo seja sempre incompleto em relação ao seu funcionamento como totalidade, já que a parte só revela sua função quando observada na composição de sua totalidade. A dinâmica relacional das partes do organismo é defendida por Maturana e Varela (2001, p. 68): “A dinâmica de qualquer sistema no presente pode ser explicada mostrando as relações entre suas partes e as regularidades de suas interações, de modo a fazer com que sua organização se torne evidente”.

Essa dinâmica interna determina as possibilidades de realização do ser vivo de forma tal que este permaneça em sua organização. Mas esta condição estrutural não é estática. No momento de sua configuração, ela possui certa condição inicial estabelecida, mas ao final do processo recursivo, quando há retroalimentação, a condição pode mudar.

Em relação ao determinismo, por organização e estrutura, Ibid. (p. 54, grifo do autor) definem:

Entende-se por **organização** as relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica. Entende-se por **estrutura** de algo os componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização.

Todo ser vivo, em constante interação com o meio, modifica sua estrutura em um conjunto relacional com o ambiente. O determinismo estrutural é a condição inicial que a estrutura de um dado organismo apresenta no momento relacional com o meio e com outros

seres vivos, que determina as possibilidades de ação (operar) em seu viver. Muito diferente de classificá-lo como um sistema pré-determinado.

Em um sistema pré-determinado não há variação comportamental, pois é considerado que o ser vivo reagirá em todo seu viver de acordo com o comportamento observado, que se manifestou somente daquela forma em um momento datado. O pensamento linear torna possível considerar esta condição.

Há um histórico de mudanças estruturais no viver de qualquer ser vivo, ou seja, estamos tratando de observar os momentos diferentes em que o ser vivo se modifica, permitindo novas interações e uma nova dinâmica relacional com o meio externo. Doravante, quando estamos observando as manifestações dessas mudanças na dinâmica interna, através do comportamento deste ser vivo, e colocamos isto em uma linha de modificações recorrentes, estamos tratando do *fenômeno histórico*. Isto não significa que o observador tem acesso ao a mudança estrutural interna, mas somente a observação sobre o comportamento manifestado pelo organismo.

Maturana e Varela (2001, p. 67) definem por fenômeno histórico: “Cada vez que, num sistema, um estado surge como modificação de um estado prévio temos um fenômeno histórico”. O fenômeno histórico é um ato de distinção realizado na observação, e logicamente depende e é percebido apenas pelo observador.

De acordo com o que já foi dito, temos um ser vivo em interações determinadas pela sua estrutura, que envolvido na dinâmica relacional, se modifica, e estas modificações se manifestam comportamentalmente, e que isso, se repete ao longo de sucessivas e recorrentes interações. Essas interações podem acontecer entre o ser vivo e o meio. A figura 1 apresenta esquematicamente essas interações.

Figura 1 – Representação do ser vivo em relação com o meio – (Maturana e Varela, 2001)

Na figura 1, temos o ser vivo representado pela circularidade especificando sua retroalimentação e seus processos dinâmicos cíclicos em relação ao meio. As setas de fluxo indicam a interação entre o ser vivo e o meio, onde há uma troca mútua, e por fim a linha ondulada que representa o meio.

Sabemos que a estrutura de um ser vivo determina o conjunto de domínios em que este pode operar. Ela cria condições e abre possibilidades para expandir as interações do organismo. Fundamentalmente, as modificações internas em resposta ao meio não são um mero acaso da situação. Elas ocorrem para que seja mantida a organização do ser vivo, e preservada a sua constituição. Quando um ser vivo está coordenado com o meio, ou seja, quando as sucessivas modificações do meio e do ser vivo estão em sincronia, os dois têm um acoplamento que permite uma mudança em conjunto.

Relatamos a perspectiva do acoplamento entre um organismo e o meio, o qual é determinado pela estrutura do ser vivo. Para que ocorra essa gama de possibilidades é necessária a participação da estrutura do ser vivo. A estrutura, como dito anteriormente, define quais as possibilidades de modificação esse ser pode sofrer sem perder a organização que o define. Caso ele perca a sua organização deixará de viver.

2.3 A ontogenia

Maturana e Varela (2001, p. 107) definem *Ontogenia* como “a história de mudanças estruturais de um dado ser vivo”. A ontogenia é um elemento que muitas vezes é deixado de lado em estudos qualitativos. Anteriormente no capítulo I, explicitamos que a Biologia pode ter dois ramos distintos de pensamento: a Biologia Funcional e a Biologia Histórica Evolutiva (cf. MAYR, 2005). Atendo-se a segunda como perspectiva, a Biologia Histórica Evolutiva, a ontogenia de um dado ser vivo como descreveram Maturana e Varela é uma condição elementar na observação.

Há outro aspecto, que mesmo que pareça repetitivo de ser retomado é de fundamental relevância para não restar dúvidas ou interpretações diferentes. Quando Maturana e Varela se referem a mudanças estruturais isto não quer dizer mudança de identidade. Maturana e Varela (1998, p. 90) afirmam: “*La ontogenia es la historia de la transformación de una unidad*”. A ontogenia é a história das sucessivas mudanças de uma unidade sem perder a sua identidade.

O ser vivo e o meio em que esse atua sofrem sucessivas modificações de maneira cíclicas e mútuas, e o histórico das mudanças estruturais do ser vivo é de caráter fundamental para compreender a sua condição atual. Não é possível visualizar no domínio comportamental as mudanças estruturais do ser vivo, embora possamos observar o comportamento resultante destas mudanças.

De forma mais pormenorizada, Maturana e Varela (2001, p. 86) tratam da ontogenia: “Essa contínua modificação estrutural ocorre na unidade a cada momento, ou como uma alteração desencadeada por interações provenientes do meio onde ela se encontra ou como resultado de sua dinâmica interna”.

2.4 A unidade de primeira ordem

Agora que já tratamos de alguns conceitos importantes na compreensão do ser vivo, iremos refletir a respeito da organização básica dele, ou o que lhe constitui enquanto vivo e o diferencia de outras formas de organização. Para falar desta organização, precisamos estabelecer em qual domínio estamos observando, e neste momento específico, vamos voltar nossa atenção ao domínio das unidades de primeira ordem.

A organização é importante na identificação do ser vivo, em contrapartida à enumeração de propriedades, que pode ser uma lista sem fim. O problema da definição de um ser vivo como ser vivo não é atual, relembra as primeiras classificações feitas pelos filósofos gregos quando estabelecia a natureza do vivo, mas sempre levaram em conta a enumeração de propriedades e características, o que representava uma busca incessante, para definir a vida a partir das muitas e variadas formas complexas em que essa se manifesta.

Tratar da organização é novamente um ato de distinção do observador. E ao olhar para a organização, podemos ter uma perspectiva diferente da oferecida tradicionalmente. Para Maturana e Varela o primeiro fenômeno a ser explicado em uma unidade observável é a

organização básica da vida, o estudo do desenvolvimento e da formação dos seres vivos em si. Desse modo, a unidade de primeira ordem compreende o universo que envolve uma organização viva unicelular. Assim temos como fenômeno a explicar os seres vivos autônomos operando como unidades tanto na dinâmica das relações com o meio, quanto na dinâmica interna (MATURANA e VARELA, 1998, p. 12).

Os autores definem que os seres vivos atuam em dois domínios bem delimitados Ibid. (p. 13):

a) el domínio de su operar como totalidad en su espacio de interacciones como tal totalidad, y b) el domínio del operar de sus componentes en su composición sin referencia a la totalidad que constituyen, y que es donde se constituye de hecho el ser vivo como sistema vivo.

O primeiro domínio compreende a ação e a realização do ser vivo com o meio em que vive. A distinção entre a relação do ser vivo e o meio é um ato apenas do observador. Já o segundo domínio, é o operar dos componentes que constituem este ser vivo, ou seja, a sua estrutura organizadora é o que o diferencia como sistema vivo.

Os domínios apresentados para serem identificados pelo observador dependem de um elemento constituinte específico: a delimitação da organização da unidade. Ao tratarmos da relação entre a unidade e o meio, considerando que ao mesmo tempo, há um domínio das relações internas dos componentes que constituem esta unidade, e um domínio externo a estas relações internas, temos uma separação do que acontece dentro (*in*) e fora (*out*) do organismo. Esta separação é uma delimitação.

A delimitação possibilita uma estruturação interna, que no caso dos seres vivos, permite uma dinâmica relacional molecular que configura a organização interna. A esta delimitação Maturana e Varela (2001, p. 52) denominam como “uma fronteira”. Por isso podemos afirmar que os seres vivos, em um recorte temporal, possuem um determinismo estrutural. No caso das células e da maioria dos seres vivos unicelulares essa fronteira corresponde à membrana que os delimita. Mas não se pode compreender a membrana como algo isolado da unidade, mas sim como parte fundamental e integrante de sua organização, separada apenas em um ato de distinção realizado por um observador.

A estrutura da qual falamos no determinismo estrutural, assim como as dinâmicas existentes dentro dos sistemas que compõem essa estrutura refere-se ao domínio de operação interna dos elementos que constituem o organismo.

Quando tratamos do organismo, estamos tratando em si da forma que esse se estabelece, que pode distingui-lo entre os demais seres, ou seja, estamos tratando de distinguir sua organização. Mas esta organização não surgiu do nada, há uma longa história de sucessivas mudanças que a originaram. Não iremos abordar esta história evolutiva dos seres vivos como foco da investigação, no entanto temos que ter como *background* o seguinte:

- A Física explica que há 15 bilhões de anos atrás surgiu tudo que conhecemos. O Cosmos com suas alterações observáveis entre caos e ordem. Em particular, no planeta Terra, surgiu (pelo menos até onde conhecemos) um fenômeno específico que abriu uma nova classe fenomenológica: a vida. O que representa um acontecimento ímpar na história do nosso planeta, o que não ocorreu apenas através de um evento único, mas a vida pode ter se originado em diversos eventos, no entanto, apenas as células primordiais conseguiram conservar em condições favoráveis a sua organização, o que possibilitou a evolução dos seres vivos, da qual surgiram os homens que contam esta história de 15 bilhões de anos.

Somos seres vivos autônomos, retroalimentadores, homeostáticos, entre outros termos que são propriedades atribuídas aos seres vivos. Possuímos uma organização que configura os elementos em rede ou sistemas, permitindo um funcionamento, um operar, e este operar é determinado de forma cíclica por nossa estrutura interna em contato com o meio circundante. De forma mais clara, somos seres *autopoiéticos* que operamos em busca da manutenção de nossa organização, e esta é a organização que distingue os seres vivos.

Na história da Terra, no momento em que surgem os seres autopoiéticos, o campo da fenomenologia deixa de ser apenas físico, pois o fenômeno físico diz respeito a constituição e existência espacial ou existência cosmológica. Quando tratamos de seres vivos autopoiéticos, estamos especificando uma fenomenologia biológica. A diferença está na dependência da organização do vivo em sua autoprodução, mesmo respeitando as leis físicas.

A fenomenologia biológica não desrespeita de modo algum as leis físicas, mas esta vai além, pois não está restrita apenas aos limites de suas características físicas. Por exemplo, compreender o DNA como um conjunto molecular químico, não explica seu funcionamento, como também não estabelece sua natureza dentro da organização viva. Todavia, ficaria sem sentido o funcionamento do DNA sozinho como parte incompleta. Mesmo sendo fundamental a vida, o mesmo não especifica a vida em si.

Deste modo, tratando da fenomenologia biológica, e as relações entre a autopoiesis e a constituição do vivo, Maturana e Varela (2001, p. 61) afirmam:

Na medida em que a organização autopoietica determina a fenomenologia biológica – ao configurar os seres vivos como unidades autônomas –, será chamado de biológico todo fenômeno que implique a autopoiese de pelo menos um ser vivo.

Ao configurar uma nova fenomenologia do vivo, com o fenômeno biológico, onde deve existir pelo menos um ser vivo autopoietico, se reafirma a proposta de Ernst Mayr quando diz que a Biologia, enquanto ciência da vida atua no mesocosmo, que compreende o espaço de existir da própria vida. Ainda, este autor afirma categoricamente que somente a Biologia pode responder de forma direta as questões e investigações deste domínio (MAYR, 2005).

2.4.1 A organização do ser vivo: Autopoiesis

“Señor, usted dice que la vida se originó en la tierra hace más o menos tres mil quinientos millones de años atrás. ¿Qué sucedió cuando se originó la vida? ¿Qué comenzó con ese momento?” Esta foi a pergunta feita por um estudante da disciplina de Biologia do curso de medicina da Universidad do Chile, em meados de 1960, a Humberto Maturana. Ele, Maturana, relata a sua perplexidade ao não ter resposta a esta pergunta e que a pôs nos seguintes termos “¿Qué se origina, y se conserva hasta ahora, cuando se originan los seres vivos en la tierra?” (MATURANA e VARELA, 1998, p.10). Este foi o ponto de partida para a reflexão sobre a teoria da autopoiesis.

O termo tem origem em 1965, quando Maturana, diante da necessidade de uma palavra mais reveladora do que o sentido de “organização circular” e ao ouvir de um amigo filósofo¹¹ o dilema de Dom Quixote entre o caminho da prática (*práxis*) e o caminho das letras (*poesis*), ocorreu-lhe uma reflexão a respeito do termo que necessitava, era a nomeação da autopoiesis.

Maturana e Varela (1998, p. 15) definem autopoiesis como:

Es a esta red de producciones de componentes, que resulta cerrada sobre sí misma porque los componentes que produce la constituyen al generar las mismas dinámicas de producciones que los produjo, y al determinar su extensión como un ente circunscrito a través del cual hay un continuo flujo de elementos que se hacen y dejan de ser componentes según participan o dejan de participar en esa red.

A autopoiesis distingue-se em uma rede de componentes estruturais, fechados em si, que produzem processos internos que podem resultar, nos próprios componentes da rede estrutural, isto acontece através de um ciclo autoprodutivo. A autopoiesis é uma condição do ser vivo, sob uma organização estrutural que permita uma identificação dele como unidade. E ainda, a unidade identificada por esta organização possui em sua estrutura a capacidade de modificações em relação ao meio, que no caso, quando há perda da organização por uma desestruturação na interação fora da possibilidade do organismo, este se destrói.

Maturana e Varela ao tratar deste aspecto da perda da organização, afirmam que os seres vivos, como unidades autopoieticas, possuem um domínio de trocas e mudanças que os permitem manter sua organização. O que remete à definição de ontogenia, como as sucessivas transformações estruturais na história de uma unidade, sem no entanto perder a sua identidade enquanto unidade.

Ao mesmo tempo, que a unidade pode transformar-se estruturalmente no decorrer da sua história, há manutenção de sua organização, que confere sua identidade. O ser vivo conserva sua autopoiesis. Isto é afirmado por Maturana e Varela (1998, p. 90) quando dizem:

¹¹ José Maria Bulnes do original: Así, un día que yo visitava a un amigo, J.M. Bulnes, filósofo, jo mientras el me hablaba del dilema del Caballero Quejana (después Quijote de la Mancha) en la duda de si seguir el camino de las armas, esto es el camino de la *praxis*, o el camino de las letras, esto de la *poiesis*, me percaté de que la palabra que necesitaba era autopoiesis si lo que quería era una expresión que captase plenamente lo que yo connotaba cuando habla de la organización circular de lo vivo. (MATURANA R., H. e VARELA J., F. De máquinas y seres vivos – autopoiesis: la organización de lo vivo. 5ª ed. Chile: Editorial Universitaria, 1998, p. 17.

“la ontogenia de un sistema vivo es la historia de la conservación de su identidad a través de su autopoiesis continuada en el espacio físico”.

Para este domínio de trocas e mudanças que um ser vivo é capaz, nomearemos neste trabalho como *Região Cambiante*. A utilização do termo região faz referência ao acesso de um determinado domínio mencionado por Heisenberg¹² em seus estudos sobre a realidade. A autopoiesis é fator determinante na sucessão do existir da *região cambiante*. A autopoiesis e a região cambiante implicam-se entre si, possuem uma relação cíclica que dependem mutuamente como processo interno.

A região cambiante possui como característica principal o espaço de conservação das possibilidades da estrutura do ser, que permite um determinado número de modificações e manifestação no seu processo de interagir, mantendo apriori sua autopoiesis e conservando características, que até o momento, não foram alteradas pelas perturbações provocadas pelo meio externo. Tais alterações podem mudar sua estrutura, mas não a organização, pois perder a organização é perder sua autopoiesis.

Maturana e Varela enumeram quatro características na organização dos seres vivos como seres autopoieticos. Elas são: *os seres autopoieticos são autônomos*, possuem *individualidade* e *são definidos como unidades*, o que confere a esta um limite imposto pela sua própria organização; por último, não menos importante, que estes *não possuem nem entrada e nem saída*, a troca entre o meio externo e interno são manutenções que permitam que sua organização permaneça em casos de perturbações, e esta troca é distinguida pelo observador e não pela unidade autopoietica.

A organização de um dado ser vivo é uma característica importante para sua identificação em dois aspectos. A primeira é a necessidade do observador. Os seres vivos como máquinas autopoieticas autônomas são capazes de manter sua organização, mesmo que sua estrutura mude. A organização é fundamental na perspectiva do observador para que este o identifique e o nomeie. E a segunda quanto a sua autopoiesis. Quando tratamos de seres vivos como máquinas autopoieticas, estamos tratando de uma organização que, no conjunto geral de seus processos e de sua formação estrutural resulta em sua própria organização.

Por fim, os seres vivos são autopoieticos (MATURANA E VARELA, 1998 p. 88). As células são unidades autopoieticas no momento em que constituem uma unidade distinta. As diversas variações de existência das unidades autopoieticas dependem da evolução e da reprodução. Esta relação entre reprodução e evolução também é um processo cíclico.

¹² Heisenberg, W. *A ordenação da realidade*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.

O pensamento lógico da circularidade da relação entre reprodução e evolução está expressa por Ibid. (p. 88) na seguinte afirmação:

En efecto, la reproducción requiere la existencia de una unidad que reproducir, y está necesariamente subordinada al surgimiento de tal unidad; la evolución requiere reproducción y posibilidad de cambio mediante la reproducción de lo que evoluciona, y está necesariamente subordinada al surgimiento de la reproducción.

A circularidade entre elementos evolução e reprodução, permitiu a existência de uma variabilidade de organização para os seres autopoieticos. E uma implica na outra como possibilidade de mudanças mútuas. Neste fato, está a circularidade sistêmica da constituição dos diversos tipos de organização dos seres vivos.

2.5 A unidade de segunda ordem

Agora que já abordamos as unidades de primeira ordem, continuaremos aprofundando os conceitos no domínio de outra unidade de ordenação. É importante retomar a distinção do ser vivo autopoietico em manutenção da sua dinâmica interna e da relação com o meio externo, para compreensão deste domínio.

Para distinguir as unidades de segunda ordem é necessário que o observador tenha explícito em que domínio está delimitando a sua observação. Podemos considerar como unidade de segunda ordem o espaço relacional que encerre as conexões entre unidades autopoieticas, que estabeleçam por sua relação e organização uma identidade, ou seja, estamos falando dos organismos metacelulares.

Maturana e Varela (MATURANA e VARELA, 1998) divergiam quanto à configuração de uma autopoiesis para as unidades de segunda ordem. No entanto, ao passo que delimitamos um espaço relacional metacelular como de segunda ordem, e as suas constituintes que lhe conferem identidade, estamos tratando de uma relação autopoietica, pois caso o sistema perca a sua organização de modo a perder sua identidade, perde-se a distinção do domínio.

As unidades de segunda ordem são constituídas como unidades compostas. Duas células ou mais de duas interagindo de forma recorrente podem ser distinguidas como uma unidade de segunda ordem. Um organismo, composto por trilhões de células, como o caso dos seres humanos, também pode ser distinguido como uma unidade de segunda ordem. Ambos possuem uma identidade própria enquanto sistema, mas são constituídos basicamente por unidades de primeira ordem. Por isso, para não confundir unidades de primeira ordem com as unidades de segunda ordem devemos tratar os domínios desta de acordo com as propriedades emergentes.

Quando Maturana e Varela (2001, p. 86) tratam do domínio de segunda ordem, representam a situação pelo seguinte esquema explicativo:

Figura 2 – Organismos configurando uma relação de interação em uma mesma ontogenia (Maturana e Varela, 2001).

Um ponto central para delimitar uma unidade de segunda ordem é considerar que a sua ontogenia possui mais de uma unidade autopoiética de primeira ordem. Relembrando, a ontogenia é configurada como a história de sucessivas transformações de uma determinada unidade, sem que isso implique em que ela perca a sua organização, que lhe confere identidade.

A *ontogenia de segunda ordem*, por assim dizer, envolve as transformações de mais de uma unidade autopoiética de forma a permanecer o processo interacional que as envolvem em uma dinâmica. Neste conceito fica muito evidente que o domínio de observação é distinguível com base nas relações entre as unidades autopoiéticas de primeira ordem e os componentes deste sistema.

Anteriormente falamos que os estímulos do meio externo são perturbações em relação à unidade autopoietica. Nesta interação entre mais de um ser autopoietico esta compreensão continua a mesma. A convivência de outra unidade autopoietica de primeira ordem no meio não passa de mais uma perturbação provocada pelo ambiente externo, distinguido também pelo observador. Por isso, distinguir as relações das unidades de primeira ordem é responsabilidade dele.

Tratando da figura 3, onde representamos o esquema abordado por Maturana e Varela ao falar das unidades de segunda ordem, temos a confirmação do que foi dito pela seguinte observação dos autores Maturana e Varela (2001, p. 87):

É evidente que essa situação será simétrica, se olharmos do ponto de vista de qualquer das duas unidades. Isto é: para a célula da esquerda, a da direita é apenas mais uma fonte de interação, e como tal indistinguíveis daquelas que nós, como observadores classificamos como provenientes do meio *inerte*. De modo inverso, para a célula da direita a outra é uma fonte a mais de interação, que perceberá segundo sua própria estrutura.

Este conjunto de interações (que é percebido como perturbações pelas unidades autopoieticas) só configurará uma ontogenia quando forem recorrentes. Esta relação está intimamente potencializada pela estrutura de cada componente do sistema. Outro aspecto é que a relação dentro da ontogenia se configura, se ambas as estruturas permitirem a existência deste espaço relacional. Esta potencialidade entre as unidades que interagem é fundamental para que as mesmas permaneçam em constante interação, que assumem um caráter recorrente, ou seja como diria os próprios autores, estáveis.

Assim, o conjunto de interações que existem neste espaço relacional desencadeiam as modificações nas unidades que são permitidas pelas suas estruturas individualmente. Esta configuração especial contínua configura o acoplamento estrutural. Maturana e Varela (2001, p. 86) afirmam “o resultado será uma história de mudanças estruturais mútuas e concordantes, até que a unidade e o meio se desintegrem: haverá acoplamento estrutural”.

2.5.1 Acoplamento estrutural

A complexidade dos seres autopoieticos envolve as definições dadas anteriormente para a autopoiesis. Esta realização do ser vivo permite uma condição imprescindível na compreensão da própria condição da vida. No momento que falarmos a respeito do acoplamento estrutural como propriedade ou manifestação interativa e recorrente do ser vivo, levamos em conta a junção deste ao conceito da realização do ser vivo em manter sua autopoiesis.

Maturana (2002b, p. 86) afirma:

Todo sistema determinado em sua estrutura existe em um *meio*, ou seja, surge em um meio ao ser distinguido ou trazido à mão pela operação de distinção do observador. Essa condição de existência é também, necessariamente, uma condição de complementaridade estrutural entre o sistema e o meio na qual as interações do sistema são apenas perturbações. Se a complementaridade estrutural se perde, se ocorrer uma única interação destrutiva, o sistema se desintegra e deixa de existir. Essa complementaridade estrutural necessária entre o sistema determinado por sua estrutura e o meio – que eu qualifico como de *acoplamento estrutural* – é uma condição de existência para todo sistema.

A célula sofre perturbações pelo meio, que são percebidas de acordo com sua estrutura. Para que ela mantenha sua autopoiesis, modifica-se interagindo com o meio de forma recorrente e provocando uma alteração mútua entre ela e ele. Este fenômeno de interação recorrente e de trocas mútuas, a qual depende sua autopoiesis, é definido por Maturana como *acoplamento estrutural*. Caso a estrutura da célula perca sua organização, a mesma se desestruturará e, como resultado deixará de existir. As perturbações que causam a desorganização de modo destrutivo são ocasionadas pelo meio, quando a relação recorrente da célula com o meio perde o acoplamento estrutural.

O organismo deve manter a sua autopoiesis para continuar vivo. Quem determina as respostas às perturbações do meio externo é a sua estrutura, o que Maturana e Varela nomearam como determinismo estrutural (consultar subcapítulo 2.2). Quando ele interage com o meio, e a sua estrutura modifica-se na tentativa de manter a sua autopoiesis, alterando a

estrutura, sem, no entanto, mudar a sua organização. Isto representa uma situação de acoplamento ao meio.

O acoplamento, após sucessivas e recorrentes interações, cria um histórico de modificações que pode tornar esta relação necessária a manutenção de sua autopoiesis. Esta condição necessária do acoplamento estrutural é representada pelas unidades de segunda ordem, onde a junção entre as células é uma condição fundamental para manutenção e autoprodução da organização.

A relação em acoplamento estrutural, quando levada a nível celular e envolvendo diversas células, permite através de um longo processo histórico (fenômeno histórico) e uma deriva filogenética (sucessivas modificações em que alguns organismos perdem sua autopoiesis deixando de existir, caracterizando um processo evolutivo) a existência metacelular. Este fenômeno biológico do acoplamento estrutural tornou-se um fator decisivo para a existência da espécie humana.

Quando tratamos da filogenia e o processo evolutivo, estamos respeitando a perspectiva de que para existir uma unidade autopoietica foi necessário um momento anterior a ela, ou seja, a existência de uma unidade autopoietica antecessora, que em algum momento reproduziu-se de acordo com as possíveis variações de acoplamento com o meio, em um longo processo de adaptação, dando origem às diversas formas de manifestação dos sistemas vivos.

Para o que é discutido nesta pesquisa, basta sabermos que o acoplamento estrutural é uma condição de interação recorrente, e que, no caso dos metacelulares, se houver perda do acoplamento há a morte da unidade por perda da autopoiesis.

Os metacelulares tem um acoplamento de segunda ordem que é uma condição da manutenção de sua organização, responsável pela identidade do sistema como unidade. A autopoiesis é condição primordial também porque se os seres vivos metacelulares a perderem, seu acoplamento e sua organização serão também perdidas. Isto é afirmado por Maturana e Varela (2001, p. 92) quando dizem:

A íntima junção entre as células que descendem de uma única célula – e que resulta numa unidade metacelular – é uma condição inteiramente consistente com a continuação da autopoiesis dessas células. Mas não é

imprescindível, na medida em que na filogenia dos seres vivos muitos permaneceram como unicelulares.

A imprescindibilidade da junção celular para a existência da vida depende de qual domínio estamos analisando a variação dos seres vivos. Se for da perspectiva do organismo atual metacelular (como resultado do fenômeno histórico), esta junção é vital na manutenção da sua autopoiesis. Mas se estivermos olhando da perspectiva evolutiva, pode ou não ocorrer o acoplamento destas células de forma recorrente, já que existem seres unicelulares que permanecem em nossa biosfera, como é o caso das bactérias e algas unicelulares.

Outro ponto a ser ressaltado sobre os metacelulares ou unidades de segunda ordem, diz respeito à ontogenia. Obviamente que para identificarmos uma unidade de segunda ordem, ou seja - atribuir unidade e identidade - estaremos observando o espaço relacional entre a junção das células que a compõem. Desse modo, a perspectiva do observador em relação à ontogenia muda.

A ontogenia de segunda ordem são as sucessivas modificações dos metacelulares no decorrer de sua história em função da manutenção da autopoiesis do organismo, ou seja, as modificações estruturais acontecem no conjunto celular, que estão em uma íntima junção na sua organização. Diferentemente das unidades unicelulares, nas quais a ontogenia é dada pela modificação da sua estrutura interna, e a transformação da sua dinâmica em manutenção da sua autopoiesis.

A ontogenia de segunda ordem é uma distinção do observador ao separa o organismo metacelular de um *background*, e observá-lo como uma unidade. A ontogenia de seres unicelulares, ou de primeira ordem, o observador está distinguindo uma célula individualmente de um background, por isso, as mudanças estão relacionadas diretamente a sua estrutura e dinâmica interna.

Esta diferença pode ficar mais clara se pensarmos de forma sistêmica, onde o que define um sistema é o conjunto de conexões que lhe conferem uma estrutura que determina sua identidade em referência a sua organização. Os organismos metacelulares são sistemas, pois sua identidade é distinguida quando são observadas as relações que o compõem. Maturana e Varela (2001, p. 92) afirmam: “a ontogenia de um metacelular será determinada

pelo domínio de interações que ele especifica como unidade total, e não pelas interações individuais de suas células componentes”.

A importância do acoplamento estrutural na evolução é ressaltada através da complementaridade celular e no que diz respeito às unidades de segunda ordem, à junção celular e as mudanças estruturais, que permitiram as manifestações do fenômeno da vida em formas tão variadas, que resultaram em organismos com identidades muito diferentes e de natureza diversa. Tal é o número de espécies e manifestações da vida no nosso planeta que, mesmo com tanto avanço da Biologia em sistemas de classificação, identificamos espécies até então desconhecidas, que estão plenamente adaptadas às condições do meio externo, mantendo sua organização e, por conseguinte, sua autopoiesis.

Todos os seres originados desse fenômeno da vida, mesmo hoje, tão distante dos mares primitivos – no qual houve uma diferenciação e formação da membrana que delimitava o meio externo do interno, dando origem à célula primitiva que realizava sua organização em busca da manutenção de sua existência – ainda possuem em sua fase inicial uma condição unicelular, no processo de fecundação e durante o processo reprodutivo. Talvez este seja o indício mais forte de que a variação de interações recorrentes, seja provocando as mudanças internas, ou destruindo seres pela perda de sua organização possuam a mesma origem primordial nas células unicelulares e em seu acoplamento estrutural de 1ª ordem.

Este indício - da formação de um ser vivo de segunda ordem como unidade autopoietica - está descrito na seguinte afirmação de Maturana e Varela (2001, p. 98): “a partir de uma célula inicial, o processo de divisão e diferenciação celular gera um indivíduo de segunda ordem pelo acoplamento entre as células resultantes dessas divisões celulares”.

Para pontuar a discussão sobre a conceituação sobre as unidades de segunda ordem, tratando claramente dos metacelulares, prosseguiremos na análise sobre sua dinâmica interna. Os metacelulares possuem uma característica nas relações de sua dinâmica interna que os autores nomearam como *clausura operacional*.

Maturana e Varela (1984, pág 59) especificaram: “Lo que si podemos decir es que poseen clausura operacional en su organización: su identidad está especificada por una red de procesos dinámicos cuyo efectos no salen de esa red”. Os seres metacelulares possuem como forma de manter sua organização uma clausura quanto aos processos dinâmicos que resultam dentro da própria estrutura que os mantém em sua organização. Isto equivale ao fechamento

do seu sistema interno para o meio externo, respondendo apenas a perturbações que são percebidas de acordo com o potencial de sua estrutura, enquanto sua autopoiesis é mantida.

Lembrando a condição do espaço relacional das unidades autopoieticas de primeira ordem, sendo este dividido em dois domínios principais: o domínio de operar em sua totalidade com tudo que o perturba, e o domínio de operar de sua dinâmica interna. Deste modo, tratando estes domínios como propriedades emergentes, temos a clausura operacional no domínio de operar interno, da sua dinâmica relacional enquanto sistema de segunda ordem. Isto pode ser representado pela figura 4.

Figura 3 - sistema de segunda ordem – círculo interno representando a clausura operacional (Maturana e Varela, 2001).

Todo ato de distinção depende do observador que o distingue. Esta premissa é importante na compreensão de qual domínio estamos analisando. Assim, como o fato da existência de um observador, que observa a si ou outro observador, o que já foi dito.

De acordo com o domínio distinguido pela observação, temos diferentes elementos constituintes de um sistema. Primeiramente, nas unidades de primeira ordem, a constituição do ser como vivo pela delimitação de sua organização realizada pela autopoiesis. E na segunda ordem, a delimitação das relações entre as partes que o permite uma organização que identifique o ser vivo, em tal condição necessária de junção das células.

Algumas propriedades são comuns aos dois níveis de complexidade. E ainda, Maturana e Varela, devido à falta de clareza existente nas relações entre componentes de um organismo, preferem deixar sem resposta se os metacelulares atuais poderiam ser classificados como unidades de primeira ordem também (MATURANA e VARELA, 2001, p.

101). Mas afirmam que, os metacelulares são organismo de segundo ordem, pois os componentes estruturais deles nos cinco reinos são as células. Segundo eles, Ibid. (p. 100):

O que é comum a todos os metacelulares dos cinco reinos é que eles incluem células como componentes de sua estrutura. Por essa razão, diremos que os metacelulares são sistemas autopoieticos de segunda ordem.

Deste modo, mesmo que esta classificação ainda provoque dúvidas, sabemos que os metacelulares são compostos de unidades autopoieticas, e possuem uma autopoiesis que os identifica como organismos enquanto sistemas. A esta constituição especial, são possíveis a existência de algumas propriedades comuns a ambos os níveis, e de modo mais explícito, a todos os seres vivos. Assim, algumas das propriedades que foram citadas anteriormente como determinismo estrutural - deriva natural e filogenia - são propriedades que emergem em mais de um domínio da observação.

2.6 O observador como metacelular: comportamento e sistema nervoso

Nos seres humanos somos metacelulares, ou seja, somos organismos sistêmicos de segunda ordem (MATURANA e VARELA, 2001). E foi para entender o que significa um sistema de segunda ordem, que percorremos este longo caminho sobre a constituição biológica do observador, explicando a terminologia criada por Maturana e Varela, e explicitá-la juntamente com algumas propriedades inerentes do ser vivo. Provavelmente ao percorrer o caminho explicativo da constituição biológica dos seres vivos, associação de que ser humano é um organismo autopoietico também, já fora realizada.

O observador é um organismo metacelular, que realiza a autopoiesis para a permanência de seu modo de operar enquanto organismo, mantendo a sua identidade e as junções celulares que os constituem. Também possui estruturas em sua organização compostas pelas relações da sua dinâmica interna.

Os seres humanos, na posição de observadores, possuem uma estrutura biológica que é peculiar a sua constituição. Eles são o resultado de um longo processo de mudanças estruturais, que caracterizam uma ontogenia particular em relação aos outros seres vivos. Possuem uma estrutura de dinâmicas internas complexas, onde qualquer estudo deve considerar a complexidade de sua organização para analisar o modo de vivência.

De acordo com o que já foi dito, não fugindo as premissas defendidas anteriormente da *objetividade entre parênteses* distinguiremos o comportamento humano, e ao mesmo tempo, trataremos de algumas considerações a respeito do sistema nervoso, estrutura sistêmica envolvida diretamente com a percepção de perturbações do meio.

A distinção é um ato fundamental para observação do fenômeno a explicar. Em um ato de distinção delimitamos o domínio observado de um *background*. Observar o humano não é uma tarefa simples, pois o próprio observador pertence ao domínio existencial que observa.

Para Damásio (2011, p. 28) adotamos duas perspectivas quando nos observamos: “vemos a mente com os olhos voltados para dentro, e vemos os tecidos biológicos com os olhos voltados para fora”. Talvez, Damásio se refira aos estudos relacionados à psicologia e, respectivamente, aos estudos anato-fisiológico do cérebro e do organismo. O domínio que iremos observar é um pouco distinto destes dois domínios de investigação. Estes domínios são disjuntos, um pode resultar no outro, mas não são redutíveis um ao outro.

Somos observadores, como afirmou Maturana (2006, p. 69): “o observador é qualquer ser humano, qualquer um de nós, no suceder do viver na linguagem”. E como observadores, temos que utilizar da *contabilidade lógica*, para saber quais domínios estamos distinguindo, e ter uma referência de que um domínio pode resultar no outro.

As teorias realizadas sobre o funcionamento do sistema nervoso geralmente buscam correlacionar o funcionamento do cérebro com os comportamentos apresentados pelos seres humanos. E durante muito tempo foi realizado estudos com esta natureza de correlação. Na verdade, isto se deve ao fato de possuímos uma estrutura determinada (não confundir com pré-determinada) e os estudos que envolvem neurologia sempre realizarem sua pergunta investigativa buscando uma previsibilidade nesta estrutura (durante muito tempo, e ainda hoje, muitos cientistas atribuem a uma ciência verdadeira a capacidade de prever fenômenos).

Maturana e Varela (2001, p. 137) afirmam:

É preciso tornar claro a distinção entre determinismo e previsibilidade. Falamos em previsão cada vez que, depois de considerar o estado atual de

um sistema qualquer que estamos observando, afirmamos que resultará um estado subsequente, que resultará de sua dinâmica estrutural e que também poderemos observar. Uma previsão, portanto, revela aquilo que nós, como observadores, esperamos que aconteça.

A previsão é uma “tentação” a observação de sistemas. E aqui apontamos uma reflexão importante, que transcende a fronteira de nossa descrição sobre a estrutura do sistema nervoso do observador. A necessária reflexão sobre a educação nas quais os pesquisadores buscam uma previsão a respeito do desenvolvimento cognitivo do estudante (logicamente relacionada ao sistema nervoso e seu processo de amadurecimento).

Os estudantes são seres humanos biológicos e como tais, são dotados de sistema nervoso. São observadores no observar, que coexistem em um espaço que deveria ser planejados para sua coexistência. O ensino padroniza o funcionamento do organismo e o desenvolvimento do estudante ao longo dos anos na vida escolar. A pergunta da educação a respeito do desenvolvimento dos estudantes – seres humanos é realizada pela previsibilidade e padronização (retomaremos mais a frente este tema).

Para os autores Ibid. (p. 137): “a previsibilidade nem sempre é possível”. Sabemos que somos seres ontogênicos, e estamos mudando estruturalmente na tentativa de manter nossa autopoiesis. Nossa constituição ontogênica nos coloca em uma posição de deriva em relação aos caminhos e modificações estruturais da dinâmica interna do organismo em relação às perturbações do meio. Como exemplo podemos citar a evolução do gênero *Homo spp.*, que é uma representação fidedigna sobre a deriva ontogênica e filogênica da espécie humana.

Para Maturana há uma diferença entre afirmar que um ser é determinado estruturalmente e estabelecer uma previsibilidade para esta estrutura. Ele, Ibid. (p. 137) afirma: “Isso acontece porque, somos observadores, podemos não estar em condições de conhecer o necessário sobre o funcionamento de um certo sistema que nos capacite a fazer previsões sobre ele”.

Como não podemos realizar previsões sobre o funcionamento do cérebro ou sobre as manifestações de seu funcionamento, iremos nos contentar e manter a pergunta sobre a perspectiva de observadores no observar. E para isto, devemos considerar o que se segue.

Sabemos que existem fenômenos aleatórios quando estudamos o comportamento humano, e muitas vezes como observadores, somos incapazes de propor a eles um sistema explicativo científico (MATURANA e VARELA, 2001, p. 138). A condição de incapacidade perante fenômenos aleatórios como a aprendizagem deve ser ressaltada, pois quando

consideramos organismos dotados de sistema nervoso e observamos as inúmeras possibilidades do comportamento, a distinção torna-se um processo complexo para o observador.

Maturana e Varela (2001, p. 138) esclarecem:

Ter em mente esta condição é particularmente importante, quando estudamos o que acontece com a ontogenia dos organismos multicelulares dotados de sistema nervoso, aos quais em geral atribuímos um vasto e rico domínio comportamental. Isso ocorre porque, mesmo antes de esclarecer o que pretendemos ao falar do sistema nervoso, podemos estar certos de que ele como parte de um organismo – terá de funcionar nesse organismo, contribuindo a cada momento para sua determinação estrutural. Essa contribuição refere-se tanto a sua própria estrutura quanto ao fato de que os resultados de seu funcionamento (a linguagem, por exemplo) serão parte do meio.

A manifestação do comportamento é parte do meio, e saber disto faz toda diferença na perspectiva do observador. Pois, como observadores, estamos vivenciando o fenômeno no meio, e observamos a este de maneira externa à dinâmica interna do sistema nervoso.

Devemos compreender como o funcionamento do sistema nervoso dentro do organismo de um modo muito particular, pois de acordo com Maturana e Varela, o sistema nervoso é o seletor estrutural na deriva que acontece ao organismo no decorrer de sua ontogenia. Assim, qualquer fenômeno relacionado ao organismo humano, desde sua dinâmica interna até seu processo de aprendizagem, deve considerar o conhecimento biológico a respeito do sistema nervoso.

Para compreender este sistema dentro de outro sistema, duas descrições são importantes: a operação do sistema nervoso em clausura operacional e o comportamento como manifestação observável. Ambas as descrições são importantes para esta dissertação, pois como foi dito no capítulo I: devemos considerar a biologia do observador, pois se muda a biologia, muda a observação.

2.6.1 O sistema nervoso e o comportamento como manifestação observável

Os estudantes, como seres humanos são dotados de sistema nervoso, e se encontram no período escolar em constante interação com outros seres humanos e com o ambiente. No entanto, antes de abordar o campo das relações com o conhecimento do ensino de ciências à luz da teoria aqui explicitada, devemos entender o funcionamento, pelo menos na sua constituição básica, do sistema nervoso e o que entendemos por comportamento. Sendo este entendimento fundamental a compreensão da constituição biológica do observador

A respeito da constituição do sistema nervoso e sua relação com o sistema sensorial, Maturana e Varela (2001, p. 182) afirmam:

A superfície sensorial não apenas incluem as células que vemos externamente como receptores capazes de serem perturbados pelo ambiente, como também todas as células capazes de exercer influência sobre o estado da rede neuronal.

Esta concepção a respeito da superfície sensorial revela o modo pelo qual o sistema nervoso percebe as perturbações provocadas pelo meio e ao mesmo tempo reage a elas. E para que as perturbações sejam percebidas dependerão da estrutura do sistema. Isto, não quer dizer que as perturbações são eventos momentâneos de acordo com a estrutura, na verdade, o ambiente perturba constantemente o organismo e a percepção a esta perturbação depende exclusivamente da estrutura do organismo.

Outro ponto é a clausura operacional, que também diz respeito ao modelo de explicação representacionista do sistema nervoso. Geralmente ao tratar do sistema nervoso, as pesquisas da área em geral dizem que o sistema nervoso capta informações do ambiente, conduz a determinados centros neurais específicos e constrói representações do mundo externo. Talvez a visão representacionista do sistema nervoso seja um fruto oriundo do início da cibernética, onde o homem e a máquina eram equiparados no entendimento do funcionamento do organismo. Quanto ao sistema representacionista, os pesquisadores Maturana e Varela (2001, p. 146) esclarecem:

Atualmente, a visão mais difundida considera o sistema nervoso um instrumento por meio do qual o organismo obtém informações do ambiente, que a seguir utiliza para construir uma representação do mundo que lhe permite computar um comportamento adequado à sua sobrevivência.

Obviamente, o ser humano não é uma parte isolada do meio e do existir cotidiano, mas devido ao funcionamento da dinâmica interna do sistema nervoso, não pode ser considerado como ferramenta interpretativa do mundo ao nosso redor. Como já dito, a estrutura determina as perturbações possíveis de serem detectadas, e ainda, especificam quais as mudanças na dinâmica interna que acontecerão, criando uma ontogenia própria de acordo com a deriva natural de sua existência. Ibid. (p.147) afirmam: “O sistema nervoso, como parte que é do organismo, funciona com determinação estrutural. Portanto, a estrutura do meio não pode especificar suas mudanças, mas sim apenas desencadeá-las”.

O meio desencadeia mudanças no sistema nervoso, e isso é importante para não cair no solipsismo¹³. Não estamos dizendo que o sistema nervoso funciona independente da realidade, mas também não afirmamos que o meio não interfere no funcionamento do sistema nervoso. Neste ponto, para que estes extremos entre representacionismo e solipsismo se diluam, Maturana e Varela indicam a necessidade de uma contabilidade lógica.

A *contabilidade lógica*, complementando o que já foi dito no capítulo I, refere-se à possibilidade de que o observador saiba de que domínio está falando, ou seja, de onde parte e onde abrange a perspectiva observada. “Como observadores, podemos ver uma unidade em domínios diferentes, a depender das distinções que fizermos”, Maturana e Varela (2001, p. 150) explicam. Isto implica que, a distinção que fizermos como observadores é tão importante quanto à perspectiva da qual determinamos o sistema que observamos.

O sistema nervoso irá, desse modo, possuir dois domínios distintos, um que é a manifestação de suas interações com o meio, e outro a dinâmica de inter-relações internas. E ainda, o sistema nervoso possui fisiologicamente áreas correspondentes a determinados comportamentos que sejam comuns a alguns indivíduos como espécie, e outras áreas de funcionamento que dependem das conexões existentes (a estrutura) que foram estabelecidas de acordo com a história individual de cada um. Para Ibid. (p.151): “não precisamos recorrer às representações nem negar que o sistema nervoso funciona num meio que lhe é comensurável, como resultado de sua história de acoplamento estrutural”.

No que se refere ao comportamento como manifestação observável do sistema nervoso, Maturana e Varela (2001, p. 141) afirmam:

¹³ Da tradição filosófica clássica, que afirmava que só existe interioridade de cada um. Maturana e Varela, 2010, p.150.

O funcionamento do sistema nervoso é a expressão de sua conectividade ou estrutura de conexões, e que o comportamento surge de acordo com o modo como se estabelecem nele suas relações internas de atividade.

O comportamento surge como uma expressão ou resultado das relações das estruturas do sistema nervoso. O domínio comportamental pode ser observável e distinguido por um observador externo à dinâmica relacional do sistema nervoso humano, porém, não há percepção alguma por parte do ser que manifesta o comportamento, se não houver outro ser em interação que o informe sobre as consequências de seu comportamento.

Para o sistema nervoso, o meio externo (seja ele o meio externo, de fato, ou outro ser vivo) desencadeia perturbações. Através da sua estrutura e dinâmica relacional interna, ele pode manifestar expressões comportamentais possíveis de ser observadas. A dinâmica interna permite um conjunto de relações que apresentam uma grande plasticidade estrutural, justamente devido à constituição biológica do próprio sistema nervoso. Lent (2008, p. 112) define como *neuroplasticidade*: “a propriedade do sistema nervoso de alterar a sua função ou a sua estrutura em respostas a influências ambientais que o atingem”. A única consideração que adequaríamos na definição dada por Lent quanto a *neuroplasticidade* seria referente à influência, que de acordo com a perspectiva da Biologia do Conhecer, o ambiente perturba o sistema nervoso, o qual responde a estas perturbações modificando-se. E ainda, tais perturbações só podem ser percebidas se a estrutura do sistema nervoso permite sua percepção.

O sistema nervoso e o meio externo a ele, interagem influenciando-se mutuamente. Silveira (2008, p. 134) define: “observa-se que o comportamento exerce uma ação de volta sobre o sistema nervoso, através de retroação fornecida pelo sistema sensorial”. O autor ainda utiliza uma representação que torna esta concepção mais explícita, ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Representação esquemática do funcionamento do sistema nervoso (representado pelo quadrado) e o comportamento – B. (SILVEIRA, 2008. in: LENT org., 2008)

Desse modo, temos no organismo humano duas dinâmicas distintas que se influenciam mutuamente: a dinâmica interna do sistema nervoso e a dinâmica do comportamento. Esta constituição do organismo humano é denotada na figura 4, onde é possível ver um conjunto de relações internas do sistema nervoso, onde há uma representação das informações fluindo através do sistema sensorial, intrínseco e cognitivo, influenciando o sistema motor, que teria como resultado final o comportamento. Ainda assim, na figura 4 é possível observar que o comportamento (B) é uma manifestação externa a dinâmica do sistema nervoso. Ser externo não quer dizer isolado do sistema nervoso, ao contrário, ambos estão envolvidos, mas, no entanto, o funcionamento do sistema nervoso desconhece o domínio comportamental, pois este é um domínio distinguido pelo observador externo ao organismo em observação.

Desse modo, não podemos compreender o operar do cérebro através do domínio comportamental. Este é uma concepção necessária a nossa proposta de entendimento do sistema nervoso, enquanto sistema dentro de outro sistema em referência ao comportamento.

Qualquer manifestação comportamental (ações, comunicação, linguagem, movimento, entre outros) são manifestações de coordenações de ação como resultantes das dinâmicas entre perturbação, interação, estrutura e manifestação. O que não explica como aconteceu a operação do cérebro que gera o comportamento.

Maturana e Varela (2001, p. 152, grifo do autor) definem comportamento: “Chama-se **comportamento** às mudanças de postura ou posição de um ser vivo, que um observador descreve como movimentos ou ações em relação a um determinado ambiente”. Tal

explicitação sobre comportamento deixa evidente a diferença entre distinguir um comportamento de uma operação interna do sistema nervoso.

2.6.2 Clausura operacional do sistema nervoso

O encéfalo humano é complexo devido a sua estrutura e conexões. Entender seu funcionamento de forma operacional envolveria um conhecimento total de como cada conexão acontece. No entanto, no viver cotidiano e até dentro da sala de aula, só podemos observar manifestações comportamentais. A descrição da operação interna do cérebro ainda é desprovida de uma comprovação completa neste domínio de observação. E isso se dá, pelo fato do cérebro possui uma plasticidade que permite uma variabilidade enorme, o que resulta em inúmeras conexões e formas de operar. Desta situação, Maturana e Varela (2001, p. 176) ilustram:

Se pensarmos que no cérebro humano há certamente mais de 10^{10} , e talvez mais de 10^{11} de neurônios (dezenas de bilhões), e que cada um deles recebe múltiplos contatos de outros neurônios – e por sua vez se conecta com muitas células – a combinatória de interações possíveis é mais do que astronômica.

Tal complexidade de sistema nervoso em possuir dezenas de bilhões de conexões não pode se tornar algo trivial. E ainda, para o campo educacional, desconstitui um domínio de aprendizagem homogêneo em relação ao operar do sistema nervoso dos estudantes. E ainda mais, se observarmos o domínio das relações internas do indivíduo chegaremos à seguinte afirmação de Maturana a respeito do funcionamento do sistema nervoso (MATURANA, 2002b, p. 139):

O sistema nervoso é uma rede de neurônios em interação, que gera uma fenomenologia de interações neuronais subserviente à autopoiese do organismo no qual ele está embutido e do qual ele é um componente. [...] Tal organização pode ser descrita como se segue: o sistema nervoso é definido como um sistema (uma unidade) pelas relações que o constituem

como uma rede fechada de neurônios em interação, tal que qualquer mudança no estado da atividade relativa de uma coleção de neurônios componentes sempre leva a uma mudança no estado da atividade relativa de outros (ou da mesma coleção de) neurônios. No que diz respeito, a sua mudança de estados, o sistema nervoso é um sistema fechado.

A dinâmica interna do sistema nervoso, que em suas relações altera os próprios neurônios envolvidos na sua estrutura ou neurônios outros que são interconectados com o conjunto de neurônios que desencadearam as mudanças estabelece um domínio distinto interno, diferente do domínio externo ao organismo, mesmo que ambos interfiram um no outro. Devemos lembrar que quem distingue esta configuração externa e interna é o observador e não o sistema nervoso. A este domínio interno com seu espaço relacional próprio, ou seja, a existência de uma dinâmica interna fechada como modo de operar do sistema nervoso, Maturana e Varela denomina de *clausura operacional*.

Maturana e Varela (2001, p. 183, grifo do autor) afirmam:

O sistema nervoso contribui ou participa no funcionamento de um metazoário ao se constituir – por meio de múltiplos circuitos entremeados – num mecanismo que conserva as constâncias internas, que são essenciais para a manutenção da organização do organismo em sua totalidade. Sob esse ângulo, é evidente que o sistema nervoso pode ser definido, no que se refere à sua organização, como dotado de uma **clausura operacional**. Isto é, está constituído de tal maneira que quaisquer que sejam suas mudanças elas geram outras modificações dentro dele mesmo. Assim seu modo de operar consiste em manter certas relações entre seus componentes invariantes diante das perturbações que geram, tanto na dinâmica interna quanto nas interações do organismo que faz parte.

O sistema nervoso é um sistema dentro de outro sistema, ou seja, funciona em clausura operacional, e considerar isso, permite distinguir uma característica fundamental: O sistema nervoso enquanto sistema operante em clausura provoca perturbações ao sistema do qual faz parte, no organismo como um todo. Essa condição do sistema nervoso deve ser levada em conta em processos de aprendizagem, pois implica na complexidade de possibilidades de mudanças estruturais dele. Assim, os estudantes ao conviver na sala de aula, possuem perturbações desencadeadas tanto pelo meio externo quanto pela sua dinâmica interna. E toda a complexidade de interações gera uma deriva estrutural que impede um ensino pautado pela homogeneidade da aprendizagem.

2.6.3 Ontocória e procória: percepção de perturbações

Falamos anteriormente da clausura operacional do sistema nervoso, e afirmamos que esse percebe as perturbações do meio através de um sistema sensorial. O sistema sensorial é constituído pelo conjunto dos sentidos, sendo eles a visão, audição, paladar, tato, olfato, vestibular e proprioceptivo (LENT; 2008).

O sistema nervoso está continuamente sofrendo as perturbações, no entanto, somente aquelas que a sua estrutura no momento do estímulo podem perceber desencadeiam correlações na dinâmica interna dele. Ele possui um processo de dinâmicas internas em constante mudança determinadas estruturalmente, e por ser ontogênica a sua estrutura modifica-se sucessivas vezes no viver humano. Para compreender as relações entre o sistema nervoso e o comportamento iremos distinguir quatros domínios de distinção sobre eles:

- O primeiro domínio é do sistema nervoso e o conjunto de suas dinâmicas internas que opera em clausura operacional.
- Um segundo domínio pode ser distinguido na influência do sistema nervoso dentro do organismo, como constituinte e como desencadeador de perturbações. O sistema nervoso ao mesmo tempo sofre perturbações no seu operar em clausura operacional e desencadeia perturbações no organismo.
- Um terceiro domínio é o sistema sensorial, que também constitui a rede dinâmica do sistema nervoso. Sua participação no conjunto de dinâmicas do ser vivo é fundamental nas percepções das perturbações vindas do meio externo.
- O quarto domínio é o comportamental, que é caracterizado pelas manifestações das correlações da dinâmica do sistema nervoso desencadeadas pelas perturbações do meio. Este domínio é distinguido pelo observador do organismo

A distinção desses domínios foi estabelecida a partir da perspectiva da interação do organismo em sua estrutura fisiológica, relacionada ao sistema nervoso, e de acordo com um observador externo, relacionado ao comportamento. A partir deste sistema, a estrutura cognitiva do sistema nervoso estabelece uma dinâmica de relações que proporciona ações

efetivas que originam manifestações comportamentais. Esse conjunto permite a identificação de si e do meio, ou de outros seres vivos.

O sistema nervoso desencadeia operações dinâmicas internas quando há a percepção de uma perturbação provocada pelo meio. No momento em que há uma dinâmica interacional há um estímulo a neuroplasticidade. Todo esse operar acontece na relação entre os quatro domínios do sistema nervoso apontados anteriormente, que mudam conforme a plasticidade permite durante a interação dinâmica coordenada por ele, que também possibilita a perturbação e ao mesmo tempo influencia a si, modificando-se.

Essas modificações são ontogênicas e acontece em um processo de deriva natural, o que justifica a perspectiva da individualidade de desenvolvimento de cada ser vivo, negando-se a perspectiva de homogeneidade de aprendizagem e interação em todos os seres humanos.

O que existe em comum na ontogenia se deve a certas coordenações de comportamentos entre seres humanos em convivência que compartilham um histórico de mudanças de maneira coletiva devido a determinados elementos como faixa etária, história, cultura, características da espécie, entre outros, os quais não ampliaremos pois demandaria um estudo particular, sendo que não faz parte do escopo central esta investigação.

As dinâmicas entre os domínios do sistema nervoso estão totalmente vinculadas à autopoiesis, onde o organismo produz em uma ação efetiva as novas conexões de sua dinâmica estrutural cognitiva, não saindo de clausura operacional, e muito menos da organização que o identifica.

O conjunto de relações entre os quatro domínios, e a história ontogênica de um observador determina a forma de interagir com o meio. Logo, em um processo cíclico, a própria observação é modificada. Subseqüente, a forma de interagir também é modificada.

As possibilidades de conexões entre os diferentes planos permitem que a observação de acordo com a dinâmica utilizada naquele momento perceba uma perspectiva do meio que interage. Essa perspectiva momentânea utiliza-se de referências constituídas na história e vivência do observador em um momento específico, e da possibilidade de percepção do seu sistema nervoso. É fortemente influenciado pela interação na qual o sujeito está em acoplamento conservando sua autopoiesis.

A sua observação (ou mesmo a percepção) é uma perspectiva do meio, datada em um momento interacional, que se faz no presente contínuo cambiante, a qual denominamos

Procória (do grego *pros* = perto, mais *choris* = espaço). Essa denominação foi criada para aquilo que está à frente imediata da percepção, e fundamenta a *práxis* do viver.

O conjunto total de abrangência do ser vivo que engloba todas as referências de sua história e vivência na linguagem, ou seja, seu espaço de viver na linguagem é denominado *Ontocória* (*Onthos*= ser, mais *choris* = espaço). A Ontocória é a conservação de interações através dos momentos interacionais das Procórias da história do ser, sendo este sua dinâmica relacional com o meio.

Considerando essa interação complexa do meio, indivíduos em acoplamento estruturais com diferentes procórias compartilham um multiverso, pois há diferentes maneiras de interagir com o meio gerando perspectivas diferentes que podem coexistir (totalmente de acordo com a objetividade entre parêntese).

Sendo o meio percebido por procórias, logicamente teremos indivíduos em estágio diferentes de perspectivas e condutas como observadores. Nesse ponto devemos entender duas variantes distintas quanto ao meio. O meio enquanto multiverso, considerando o domínio de operações dos observadores que vivem em constantes modificações, conservando algumas formas de interagir.

Há também em relação ao meio, a procória, que se apresenta e modifica-se de acordo com o modelo cíclico de dinâmicas da estrutura do sistema nervoso do observador. Essa permite que o mesmo apresente uma maneira particular na interação, que mesmo sob a existência da ontocória, manifesta uma individualidade perceptível pelo observador.

Observadores que fundamenta suas interações somente na procória assumem uma atitude solipsitas, pois a sua forma de interagir com o meio tem como crença a ela mesma, fundamentada na sua percepção e reflexão individual.

Já os que usam a *contabilidade lógica*, distinguindo a observação e o fazer entre prócoria e ontocorias, conservando e refletindo sobre suas ações, possuem uma interação mais condizente com a objetividade entre parêntese. Pois o seu fazer é consciente de sua participação enquanto observador (aquele que percebe) e a sua história de sucessivas modificações, ou seja, a sua ontogenia.

Agora que já explicitamos a constituição básica sobre a biologia do observador iremos prosseguir na explanação a partir de um experimento feito na sala de aula para ilustrar o que foi dito e as considerações que serão tratadas a seguir no próximo capítulo, e retomaremos para o fechamento da constituição do sistema conceitual no capítulo IV.

CAPITULO III – OBSERVANDO O OBSERVAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O professor e o estudante são seres humanos, e como tal, são seres autopoieticos dotados de um sistema nervoso em clausura operacional, com vasta rede de neurônios interconectados com uma grande plasticidade estrutural que tem como função a manutenção de sua organização. São seres estruturalmente organizados em sua constituição biológica, que está em constante mudança, não são previsíveis quanto ao resultado da sua ontogenia devido a sua deriva natural no suceder do viver cotidiano. E para entender essa condição, descrevemos todo o caminho explicativo percorrido nos capítulos anteriores, sob a perspectiva da objetividade entre parêntese, onde aceitamos a pergunta pelo observador.

De acordo com o modelo de validação do sistema conceitual tratado no capítulo I, seguiremos a etapa de observação do fenômeno do explicar e da observação de fenômenos derivados do fenômeno principal. Retomando que a explicação só existe se a descrição de um fenômeno for aceita pelo observador.

Esta parte experimental da dissertação foi realizada com intuito de relacionar o sistema conceitual proposto com uma prática real no ambiente da sala de aula do ensino de ciências, possuindo assim, apenas uma natureza ilustrativa de parte do campo teórico defendido. Recorremos como à justificativa de Bogdan e Biklen (1994, p. 52) que possuem como princípio teórico: “Os bons investigadores estão conscientes dos seus fundamentos teóricos, servindo-se deles para recolher e analisar os dados”.

As explicações não surgem voluntariamente na sala de aula. Geralmente partem do professor, e no caso do professor de ensino de ciências biológicas mais especificamente, são formuladas a partir do campo científico. Estudantes que aceitam as descrições e distinções realizadas por professores de ciências no ensino médio, geralmente já possuem certa aceitação as concepções científicas, pois o seu viver já teria experienciado esse campo do conhecimento no decorrer de nove anos no ensino fundamental.

Aqui, nesse capítulo em específico, explicitamos a necessidade de possuir para a investigação exemplos ilustrativos de enunciados de estudantes que talvez contenham explicações, e para isto, decidimos coletar estas informações no 9º ano do ensino fundamental em uma escola da rede pública do Estado de São Paulo. A escolha do período da vida escolar deveu-se ao fato de ser uma fase de transição entre o ensino fundamental e médio, e também o início de mudanças biológicas na vida do ser humano que é a adolescência, perceptivo na

prática da sala de aula. Essas mudanças são caracterizadas pelo questionamento das explicações aceitas e uma mistura entre a negação do mundo infantil e do mundo adulto.

Os enunciados são sentenças, expressões ou explicitações, que serão utilizadas como amostras para identificar de que perspectiva os estudantes aceitam as explicações em seu viver cotidiano na vida escolar e fora dela, ou seja, temos como objetivo coletar essas amostras de enunciados e identificar as perspectivas do observador, e caso surja uma explicação, identificar de que origem vivencial, essas foram formuladas ou validadas.

Para realizar a experiência de maneira qualitativa sobre os enunciados escolhemos como fundamentação metodológica inicial a afiliação teórica da *Interação simbólica* descrita pelos autores Bogdan e Biklen (1994, p. 55) que inclui compreender:

O significado que as pessoas atribuem às suas experiências, bem como o processo de interpretação, são elementos essenciais e constitutivos, não acidentais ou secundários àquilo que é a experiência. Para compreender o comportamento é necessário compreender as definições e o processo que está subjacente à construção destas.

Ao aceitarmos o fenômeno do explicar pelo observador, é natural que também consideremos os resultados da experimentação pelas construções realizadas por ele. E de acordo com Bogdan e Biklen, os significados atribuídos às experiências do viver são importantes na compreensão do comportamento, a única ressalva que faremos aos autores supracitados, é que concordamos com Maturana (2002b, p. 252) quando afirma que a distinção de uma experiência na linguagem não substitui à práxis do viver. Prosseguiremos nas análises após descrever detalhadamente a realização da experiência e retomaremos o campo teórico no capítulo seguinte.

3.1 Descrevendo a experiência

Foi selecionado um grupo de estudantes da Escola Estadual Casimiro de Abreu¹⁴, da rede pública educacional do Estado de São Paulo, no 9º ano do ensino fundamental por esses representarem a última etapa desse segmento da educação, e ao mesmo tempo possuir em sua grade curricular conteúdos de ciências que permitiam uma abordagem interdisciplinar entre conceitos de química, de física e de Biologia de forma não fragmentada.

A escolha de estudantes do 9º ano foi realizada levando em conta também, que os mesmo estão em uma mudança de fase de concepção a respeito das ciências, já que no ano seguinte, 1º ano do ensino médio, as ciências da natureza se dividirão entre biologia, química e física. E mesmo assim, é possível observar que os estudantes deste estágio não objetivam ainda, em sua maioria, uma carreira profissional que pode ser da área científica, o que poderia influenciar na escolha desses para coleta de enunciados.

O grupo envolvido na pesquisa foi composto por estudantes de três classes regulares do 9º ano A, B e C, que somados resultaram em um total de 81 Estudantes, com faixa etária entre 13 e 15 anos, de ambos os sexos. A pesquisa foi aplicada em outubro de 2011, possuindo as devidas autorizações com a instituição educacional responsável, representada pela diretoria escolar (no anexo III).

O trabalho foi desenvolvido durante uma sequência de cinco aulas de 60 minutos cada, total de 300 minutos de atividade, onde os estudantes tinham um determinado objetivo específico de acordo com o aumento do nível de complexidade das atividades, grau de interação e participação destes, além da manifestação de enunciados dos estudantes formuladas através da linguagem. A programação das atividades desenvolvidas é apresentada na tabela 1.

¹⁴ Escola de período integral, localizada na cidade de São Paulo, na região centro, bairro Vila Paiva.

Aula	Objetivo	Proposta de ação
1 ^a	Instigar as concepções através da escrita	Os Estudantes deveriam responder a pergunta: A cor branca existe? Elaborando uma resposta escrita.
2 ^a	Estimular a observação e formulação de hipóteses explicativas.	Experimentos com raio de luz.
3 ^a	Identificar, associar e descrever o conteúdo proposto sobre a visão (I)	Exposição à participação, aula dialogada e apresentação de slides digitais: de raios de luz (Física)
4 ^a	Identificar, associar e descrever o conteúdo proposto sobre a visão (II)	Exposição à participação, aula dialogada e apresentação de slides digitais: visão, sistema perceptivo e cérebro (Biologia e Química)
5 ^a	Instigar as concepções através da escrita.	Os Estudantes deveriam responder a pergunta: A sensação da cor branca existe? Elaborando uma resposta escrita.

Tabela 1 - Planejamento das aulas de acordo com os objetivos (o que fazer) e ações a serem realizadas (reação dos estudantes às atividades)

A coleta de enunciados foi realizada em dois momentos específicos: no momento da resposta a primeira pergunta (na aula 1) e a respostas a segunda pergunta (na aula 2). O período entre a primeira e a segunda resposta, foi para estimular interações planejadas intencionais através de atividades didáticas, permitindo que refletissem sobre o fenômeno observado.

O tema para realização do trabalho foi escolhido do Programa Curricular do Estado de São Paulo (SEE, 2009), correspondendo aos conteúdos do 3º bimestre do ano letivo que são: Óptica e sistema sensorial: visão. No que se refere à pesquisa o conteúdo da aula servindo apenas como contexto para estimular os Estudantes a construir enunciados, que serviriam para análise. Não foi nosso objetivo avaliar a adequação científica das respostas elaboradas pelos estudantes. Desse modo, as perguntas realizadas são apenas “gatilhos” para estímulo a respostas, que serão realizadas por escrito pelos estudantes.

O formato de enunciados escritos em vez de gravados foi escolhido devido ao período de tempo disponível para execução da amostragem, e também para permitir um maior tempo de elaboração aos estudantes ao escrever suas considerações e reflexões. Isso auxiliaria na manifestação dos seus referenciais para a construção da explicação dos seus enunciados.

Durante as atividades não houve explicitações anteriores a respeito do tema ou nenhuma aula que indicasse quais enunciados estariam corretos ou concepções a respeito da Óptica e sistema sensorial: visão. O roteiro para as atividades consistiu das seguintes etapas:

Aula 1 – Na primeira aula foi proposta aos estudantes uma reflexão sobre a seguinte questão: a cor branca existe? A pergunta tem como fundamento o estímulo à produção escrita de um enunciado. Foram obtidas respostas de 65 estudantes dos 81 que participaram da atividade. Como exemplos dos enunciados, seguem:

Estudante 3 - Eu acho que é porque ela é a cor intermediária, porque sem ela não existisse todas as cores seriam muito escuras e tudo seria escuro, mas com o branco e o preto as cores tem equilíbrio entre as cores, sem equilíbrio dessas cores as outras cores não existiam.

Estudante 9 - Creio eu, que sim. Ela surge com a junção de todas as cores. Apesar de o lápis de cor branco ser inútil... Bom, essa cor em todas as coisas e é uma opção de cor, então é uma cor.

Estudante 16 - Sim, Porque nos humanos ou contrário de alguns animais não enxergamos Branco ou qualquer outra cor, mas a cor branca existe porque é uma cor de paz, a cor que é mais visível, a cor também que mais fica preto quando passamos em algum lugar sujo, mas para mim a cor existe Porque, ela é a cor mais vizil e, é cor que o homem mais enxerga. Bom isso é minha teoria sobre porque a cor branca existe.

Estudante 69 – Sim, porque eu enxergo a cor branca. Exemplo: Em uma cartolina preta em lápis ou uma caneta branca pega. A cor branca existe, o que não existe é transparente pois é impossível de ver. E se pegarmos uma folha transparente e colocar uma branca por baixa, mesmo por baixo a cor que vai da pra ver é o branco. Então o branco é uma cor, pois podemos enxerga-lo.

Aula 2 – Na segunda aula foram realizadas atividades com raios de luz. O primeiro momento consistiu na utilização de uma luz branca conduzida sobre a forma de faixa de luz incidindo sobre um prisma. Em um segundo momento, utilizou-se uma lâmpada de L.E.D. – Light-emiting Diode, composto por três unidades que representasse as cores primárias do raio de luz: verde, azul e vermelho. A partir do terceiro momento, através de uma lente biconvexa – convergente – de pequena distância focal (uma lupa escolar), posicionada entre a lâmpada e uma superfície branca. Foram alternadas as fontes de luz compondo iluminações com 1 LED aceso, 2 LED's acesos e 3 LED's acesos (explorando as combinações de cores).

Posteriormente, a superfície branca foi trocada por outra de cor vermelha ou verde ou azul, e repetida às variações de iluminação. Por último, foi utilizada uma lâmpada de luz negra, sobre as diversas superfícies (branca, vermelha, verde e azul).

Aula 3 – Na terceira aula foi realizada uma aula dialogada sobre as propriedades físicas dos raios de luz.

Aula 4 – Na quarta aula, os conteúdos compreendiam o funcionamento da visão nos seres humanos, anatomia do olho, a percepção do ambiente, o sistema neural e como as sinapses se distribuem no cérebro, além de, a interação do ser humano ao perceber o ambiente.

Aula 5 - Na quinta e última aula foi proposto que os Estudantes respondessem uma questão novamente, com uma alteração significativa: A *sensação* da cor branca existe? Esta alteração justifica pela preocupação de que os estudantes não repetissem o mesmo enunciado. Tendo sempre em vista que, não está sendo avaliado o que os Estudantes aprendem a respeito do tema, mas apenas a coleta de amostras de enunciados para tentar identificar os referenciais para a explicação, ou seja, as bases que constituem seus caminhos explicativos.

Foram obtidos enunciados como o que segue, por exemplo:

Estudante 1 – Sim, na minha opinião, conseguimos obter esta sensação com a mistura de várias cores. Ela é interpretada pelo cérebro, porém, identificadas por nossa visão.

Podemos sentir essa sensação várias vezes, já que o branco absorve as cores e sim sobrepõem as cores claras. A cor preta, é exatamente contrário, ele não absorve as cores e sim sobrepõe as cores, deixando em destaque sem ter que decompor como na cor branca. Podemos identificar as cores que formam a sensação branca através de muitas coisas uma delas é o prisma, porém não é a única, podemos fazer experiências com o papel celofane e sobrepor um sobre o outro pra formar novas cores, porém, mesmo assim, precisamos do escuro e da luz branca para identificar e conseguimos identificar a sensação branca.

Os estudantes que participaram da experiência possuíam faixa etária entre 13 e 15 anos. Este período de desenvolvimento do ser humano, como ser biológico, inclui diversas condições específicas no processo de maturação do sistema nervoso. Durante o

desenvolvimento das atividades os estudantes foram postos na posição do observador no observar.

No decorrer da primeira aula foi observado que os estudantes se encontravam pouco confortáveis ao estímulo da primeira questão, sem haver anteriormente, uma abordagem a respeito do tema tratado. Mas após algum tempo de inquietação, iniciaram o processo de escrita. Dos 81 estudantes envolvidos na amostragem de enunciados, somente 65 destes responderam a questão, produzindo o material escrito. Os outros 16 que não produziram material escrito, apenas não escreveram nada, ou utilizaram o “não sei” como resposta a questão. Nesta primeira questão, como a perturbação provocada pela resposta aconteceu propositalmente sem muitas explicações, era de se esperar que não fossem produzidos por alguns Estudantes enunciados passíveis de análise.

A idéia central da reflexão a primeira pergunta era uma resposta espontânea por parte dos estudantes e que não fosse transcrita de nenhum material de consulta ou “inspirada” na resposta do colega de classe. Os resultados foram analisados e categorizados de acordo com o sistema conceitual que propomos neste trabalho. As respostas (enunciados) coletadas na amostragem estão na íntegra no anexo I e II da dissertação.

3.2. Reflexão sobre os dados obtidos: os enunciados da primeira pergunta

Os dados que passaram por uma analisados são os enunciados produzidos pelos Estudantes que foram categorizados para gerar uma discussão à luz da teoria proposta no sistema conceitual a respeito da explicação de acordo com a fenomenologia do observador no observar.

A respeito da criação de categorias, Bogdan e Biklen (1994, p. 221) afirmam:

A medida que vai lendo os dados, repetem-se ou destacam-se certas palavras, frases, padrões de comportamento, formas dos sujeitos pensarem e acontecimentos. O desenvolvimento de um sistema de codificação envolve vários passos: percorre os seus dados na procura de regularidade e padrões bem como de tópicos presentes nos dados e, em seguida, escreve palavras ou frases que representem estes mesmo tópicos e padrões. Estas palavras ou frases são *categorias de codificações*.

De acordo com o proposto no método de Bogdan e Biklen, foram identificadas um conjunto de palavras ou frases que possuíam as mesmas características nos enunciados da resposta do primeiro estímulo, que foi instigado pela pergunta: A cor branca existe?

Das análises dos enunciados elaboramos as seguintes categorias:

Enunciados que explicitam a cor branca relacionada a objetos – surgiram nos enunciados dos estudantes às palavras como *papel, tinta, quadro, paredes, camisetas, calça*, entre outras. Claramente estas relações são identificadas na experiência do viver cotidiano e que dependem da percepção. O sistema nervoso possui em sua determinação estrutural a possibilidade de percepção desses objetos e das respectivas cores. Na tabela 2 se indica uma amostra dos trechos que pertencem a esta categoria.

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca vinculada a Objetos	<ul style="list-style-type: none"> - Apesar do lápiz de cor branca ser inútil. - Existe porque se não, não teriam inventado a folha branca, o giz, o lápis branco, etc. - O branco está presente em muitas coisas, folhas de papel, sapatos, roupas, tintas, esmaltes. - a cor branca é deste papel sem as linhas. - Sim existe, por exemplo: essa folha branca. - até no meu corpo tem branco. - em pinturas em cores e quando vice utiliza um lápis branco em uma cartolina preta e lápis branco. - Em uma cartolina preta em lápis ou uma caneta branca pega. - Sim, porque a maioria das folhas são brancas existe lápis de cor branca. - também varias outras coisas com a cor branca como: tinta: animais com a cor branca, celulares, corretivo, tênis. - Mas também tem a tinta branca. - Tipo no papel, em roupas, etc.

Tabela 2 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (objeto).

Enunciados que relacionam a cor branca a uma ação de constatação – surgem palavras de ações efetivas que através da percepção comprovam a experiência da cor branca. Como exemplos, temos: os verbos – encontrar, observar, enxergar e ressaltar; e trechos como misturar com, bem nítida, eu vejo, entre outros (tabela 3).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca vinculada a constatação	<ul style="list-style-type: none"> - Não encontramos traços de outras cores a olho nu. - Podemos observá-las através do prisma. - Sim, porque há varias coisas brancas no mundo. - Existe porque a cor branca (ou branco) faz ressaltar as cores e sempre estar em qualquer lugar. - é a cor mais visível, a cor também que fica preto quando passamos em lugar sujo. - também encheramos a cor branca. - a cor branca bem nítida e boa de se ver. - porque branco é a cor do olho. - A cor branca é um tom muito claro e está presente em muitos lugares do mundo, tanto na natureza como na tecnologia. - o branco se mistura com o rosa fica beje. - Sim, porque se eu consigo ver ela existe pra mim. - Eu acho que a cor branca existe, pois podemos vê-la nitidamente. - Acho que sim, pois enxergamos a cor branco assim como todas as outras. - nos já temos a prova, o papel que escrevemos. - qualquer lugar que você ver a cor branca. - Sim a cor branca existe quando o sol reflete em algumas coisa a cor branca aparece, como se reflete na parede fica uma branca. No carro a cor branca aparece e fica brilhando. - Não, porque em todas as luzes de carro ou lanterna a luz não complementamente branca e meio amarelado ou transparente ou so uma luz clariante mas não branco. - Porque eu vejo e toco na cor branco e uma cor muito clara. - a cor branco se destaca em diferente de tipos cores e lugares. - Sim, porque eu enxergo a cor branca. - A cor branca existe, o que não existe é transparente pois é impossível ver. - Então branco é uma cor, pois podemos enxerga-lo. - quando a pessoa vai ficando mais velha o cabelo vai ficando branco. - porque nossos olhos tem uma parte branca. - porque existe pessoas “brancas” - Sim, porque eu vejo o branco em vários lugares.

Tabela 3 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (constatação).

Enunciados que indicam a existência de uma experiência no viver que está relacionada à cor branca – os trechos dos enunciados apreseem o relato de uma experiência que foi realizada no seu viver, onde o observador vivenciou na práxis ou apenas como observador do fenômeno que foi descrito (tabela 4).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada à experimentação	<ul style="list-style-type: none"> - Sim por causa do efeito do prisma. - Porque se você junta todas as cores em um disco e gira ele bem rápido a cor branca aparece e por causa da cor branca as outras existem. - Se você pega um cristal e coloca na luz as cores aparecem.

	<ul style="list-style-type: none"> - Podemos ver o exemplo do prisma. - Se juntarmos todas as cores, iremos ter uma combinação ao girarmos o prisma e essa vai ser a famosa cor branca. - Sim pois a cor branca esta presente em vários momentos da vida. - sem a cor branca a gente não ia diferenciar as coisas no escuro a gente não ia enxergar nada. - Sim, existe a cor branco quando a gente usa na cartolina preta ai da pra ver que aparece o branco em uma cartolina branca ou em um papel já não parece ou em desenho não parece ai por isso. - A cor branca também da claridade em um ambiente, e quando fica junto com outra cor se destaca.
--	---

Tabela 4 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (experimentação).

Enunciados que relacionam a cor branca a significados e valores pessoais – os trechos dos enunciados que relacionam palavras que representam valores ou emoções a cor branca, muitos deles vindos da realidade ou aspectos sociais em que os estudantes vivem (tabela 5).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada ao significado	<ul style="list-style-type: none"> - A cor branca existe porque é a cor da paz. - sem o branco não seria representado a paz. - se não existisse o branco não iria ter paz, não iria existir o rosa, etc. - o branco é a cor da paz. - Branca é uma cor linda, além de suja muito. - é uma cor que chama muito atenção porque é uma cor iluminada. - é uma cor normal da paz. - branca é uma cor clássica. - é sim uma cor e é uma das mais importantes. - a cor branca já virou habito pro ser humano. - é a cor da paz, da luz, do sossego e do bom. - Preto é a cor mais escura, a mais sombria a mais pesada.

Tabela 5 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (significado).

Enunciados que relacionam uma descrição a cor branca – as respostas apresentadas a questão possuem trechos que descrevem eventos que justificam ou produzem a existência da cor branca (ver tabela 6).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca	- Mesmo as cores sendo misturadas, pode ser misturada a qualquer cor que dará branco, e por isso se considera-se cor neutra.

relacionada a processos descritivos	<ul style="list-style-type: none"> - Sem o branco não existiria o cinza (que é a mistura do preto com o branco e nem muitas outras cores que se misturam com o branco). - por exemplo: quando a luz branca do sol atinge um objeto branco, todos componentes coloridos são refletidos. - Sim porque a cor branca atinge um objeto que são refletidos que eles chegam ao olhos de uma pessoa e o objeto é visto como branco e alguma das cores que são presentes a cor branca se reflete a luz do sol e que algumas cores ficam presente na luz branca e que a cor branca vários resultados da mistura de cores que se reflete branco. - Isto foi descoberto em 1966 pelo cientista inglês Isaac Newton, ele verificou que a luz branca proveniente do sol é, na realidade composta de luzes de várias cores, se todas essas cores atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca. - é algo que tem em nossos olhos que capitam e manda a imagem ao nosso cérebro.
-------------------------------------	--

Tabela 6 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (processos descritivos).

Enunciados que apresentam uma concepção a respeito da cor branca – Alguns trechos possuem concepções de como podem ser produzidos a cor branca, esses possuem um texto maior de como pode ser percebida esta cor (ver tabela 7).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada a modelos conceituais	<ul style="list-style-type: none"> -Nossos olhos tem a capacidade de captar tal cor em questão. - A cor branca ou branco é a mistura de todas as cores. - Em um prisma por exemplo a cor branca refletindo nele faz outras cores. - Não porque a cor branca é a sensação de várias cores refletindo no nosso olho causando a sensação da luz branca e sim porque com essa sensação acabamos tendo a cor branca. - Ela surge com a junção de todas as cores. - é a junção de cores claras que quando se misturam forma uma nova cor. - O nosso cérebro processa “as imagens”, com a cor branca, e podemos enxerga-la. - Sim, quando a luz branca do solo atinge um objeto branco todos os componentes coloridos são refletidos, chegam aos olhos das pessoas e portanto o objeto é visto com cor branca. - Eu sei que quando a luz branco do sol atinge um objeto branco todos os componentes coloridos são refletidos chegam aos olhos da pessoa e portanto o objeto branco. - Na minha opinião existe, normalmente como todas as outras cores. Por isso podemos enxergar e diferenciar das outras cores. - A cor branca não existe porque com a mistura de cores a pupila faz que a gente enxergue o branco. - Os animais enchem preto e branco.

Tabela 7 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (modelos conceituais).

Enunciados que relacionam a cor branca a uma afirmativa – os enunciados apresentam uma afirmativa que, aparentemente, não pode ser questionada, impondo uma realidade absoluta (ver tabela 8).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada a uma afirmativa	<ul style="list-style-type: none"> - O branco é a base para existir. - as cores se apagam. - Ela não é muito bem reconhecida. - Sim, porque branco é uma cor como as outras cores. - A cor inexistente é o transparente. - o branco é a mistura de todas as cores. - Sim, porque a cor branca não é transparente. - Sim, porque é uma forma de luz intensa que é a cor branca. - Não, porque a ciência diz que não. - Não, pois o branco é uma mistura de cores. - é tudo químico.

Tabela 8 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (afirmativa).

Enunciados que apresentam divergências quanto às concepções sobre a cor branca e qual referência é verdade - Alguns trechos dos enunciados apresentaram divergências quanto à origem da cor branca, ou seja, qual referência seria a mais verdadeira para ser tomada como certa (ver tabela 9).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada a opiniões divergentes	<ul style="list-style-type: none"> - Depende se você for pela sua visão, a cor branca existe. Mas se for pela ciência (pelo modo científico) a cor branca não existe. - Eu fico pensando as vezes se a cor branca é cinza bem claro ou outro nome ou se a cor “branca tem outro nome, e enganaram a gente todo esse tempo. - a cor branca é o fruto de várias cores, tipo pegue um círculo coloque as cores do arco-íris e gire com uma alta velocidade. Bom pelo menos eu acho isso nunca fiz esse experimento mas que esta é verdade.

Tabela 9 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (objeto).

Enunciados que apresentam trechos que utilizam relatos pessoais – Os enunciados apresentam relatos empíricos puramente para tentar criar uma hipótese a respeito da cor branca (ver tabela 10).

Categorização	Trechos dos enunciados
Cor branca relacionada a presença de um relato pessoal	<ul style="list-style-type: none"> - Bom, isso é minha teoria sobre porque a cor branca existe. - eu penso num papel preto a cor branca existe, em um papel branco não existe. - pra mim a luz branca baseia-se nas outras cores. - Mesmo que para muitos seja uma cor, só pra mim é a junção de todas as outras cores. - mas na minha opinião ela não existe é apenas uma ilusão de ótica. - eu acho que a cor branca é uma cor inventada. - Na minha opinião branco existe como o preto são cores próprias não precisam se misturar com outras para dar outros tons.

Tabela 10 – Categorização e trechos dos enunciados do estudantes (relato pessoal).

A categorização dos enunciados acima foi realizada a partir de trechos dos enunciados completos (as respostas dadas pelos estudantes). O observador distingue na linguagem uma experiência do viver, sem, no entanto, substituir a própria experiência (MATURANA, 2002b). A partir da categorização inicial, reanalisamos os enunciados dos estudantes, para identificar uma possível predominância de uma categoria. Devido a isso, houve uma reformulação das categorias de acordo com a nossa perspectiva.

Após a identificação dos referenciais que originaram estas concepções, eles foram agrupados em categorias que apontassem onde provavelmente os mesmos foram vivenciados e distinguidos na linguagem. Desse modo, seguindo na compreensão da estrutura que constitui a resposta a primeira pergunta, temos as seguintes categorias e as origens das mesmas:

I. Referências contextuais – Estes enunciados se fundamentam em situações do cotidiano, na vivência da percepção, possui uma relação direta com o mundo que rodeia os estudantes, um mundo possível. Essa categoria foi subdividida em quatro subcategorias:

- objeto*: a referência que serve de prova é um objeto com o qual o indivíduo tem contato no viver cotidiano;
- constatação*: a referência é validada pela experiência e prova direta na práxis do viver que serve como comprovação;
- experimentação*: utiliza como referencial a descrição de um relato vivido pelo indivíduo;
- significado*: tudo que representa um algo em si mesmo, isto é, valores intrínsecos dos estudantes formados socialmente (BAKTHIN, 2006).

II. Referências não contextuais – As explicações são formulações, que podem ser aplicadas a diferentes contextos e que não necessitam de um contexto para serem compreendidas. Essa categoria foi subdividida em duas subcategorias:

- a) *descritiva*: quando o estudante descreve a experiência sem revelar em seu discurso o contexto onde este aconteceu, ou o onde ocorreu o episódio que descreve;
- b) *conceitual*: neste caso o estudante utiliza um conceito (concepção) que não deixa dúvida quanto a sua posição em relação ao enunciado.

III. Referências conceituais hipotéticas – As explicações surgem de uma maneira independente de um histórico de vivência e são consideradas como concepções dos estudantes. Foi dividida em três subcategorias:

- a) *afirmativa*: que finalizam o enunciado de forma categórica sem espaço para argumentações contrárias;
- b) *divergente*: quando a explicação apresenta elementos discordantes que demonstram uma posição heterônoma, autoritária ou uma opinião de negação do próprio enunciado;
- c) *relato pessoal*: quando a explicação revela uma idiosincrasia do estudante e que essa foi resultado da reflexão apoiada em seus valores descritos somente na linguagem.

Após a elaboração de categorias a partir dos trechos dos enunciados dos estudantes, foram reanalisadas as respostas completas observando a existência das categorias dentro dos enunciados. Cada enunciado apresentou uma predominância para uma determinada categoria. Como exemplo temos o enunciado do estudante 4:

- É sim, existe porque? Porque se você junta todas as cores em um disco e girar ele bem rápido a cor branca aparece e por causa da cor branca as outras existem. Ex: vermelho, azul, laranja, etc. Se você pega um cristal e coloca na luz as cores aparecem.

O trecho do enunciado acima – *Porque se você junta todas as cores em um disco e gira ele bem rápido a cor branca aparece e por causa da cor branca as outras existem* – pertence à categoria *contextual*, na subcategoria *experimentação*. O mesmo acontece no trecho – *Se você pega um cristal e coloca na luz as cores aparecem* – pertencendo à mesma categoria. Logo a resposta deste estudante depende da sua vivência contextual. O enunciado pertencia à categoria das **Referências Contextuais**.

De acordo com a predominância de referências, os enunciados foram classificados em uma das três categorias: *referências contextuais*, *referências não contextuais* e *referências conceituais hipotéticas* (já descritas anteriormente). Assim, obtivemos os seguintes resultados que seguem na figura 5.

Figura 5 – Divisão dos enunciados em categorias de acordo com a referência utilizada.

Tratando-se de um estudo qualitativo, a transposição dos dados coletados para o modelo estatístico serve de apoio ilustrativo da predominância dos enunciados em determinada categoria. Assim, foi possível identificar que a maior parte dos estudantes, 47 %, utiliza para realizar seu enunciado elementos da categoria de **Referências Contextuais**. Por outro lado, 23 % dos estudantes utilizam os elementos da categoria **Não Contextual** para construir seus enunciados. Apenas 10 % dos estudantes tentaram criar conceitos e hipóteses suas, sem fazer referência a elementos do contexto ou a uma abstração conceitual sem referência ao contexto, constituindo a terceira categoria que é a **Conceitual Hipotética**.

Os estudantes (20%) que não responderam a atividade não indicaram o motivo da abstenção. O fato dos estudantes não participarem por escrito não foi questionado, porque a experiência estava no início e não haveria nenhum tipo de orientação quanto às respostas que deveriam ser dadas. Ainda assim, os mesmo estudantes que não participaram, poderiam continuar até a quinta e última aula.

Dos dados iniciais apresentados é possível identificar que há predominância de referências originadas no cotidiano pela observação dos estudantes, e que estas são as mais utilizadas como válidas para as suas conclusões. Desse modo a aceitação de uma explicação necessita de elementos que pertençam à possibilidade de vivência no domínio de percepções sensoriais. Essa informação é importante para o ensino de ciências, já que de acordo com os dados, *os estudantes utilizam como principal referência, para aceitar explicações, o mundo que os rodeia.*

Seguindo o roteiro das atividades propostas, antes de uma nova amostragem de enunciados ocorreram as aulas sem intervenção direta do professor, no que se refere a conceitos e argumentação científica. Assim, durante o transcurso das cinco aulas, os estudantes vivenciaram situações que permitiram comparar suas concepções com as concepções científicas provenientes da biologia, física e química, a respeito dos fenômenos estudados.

Durante a última atividade da sequência de aulas foi novamente proposta uma pergunta com uma modificação: o uso da palavra *sensação*. Sem dúvidas, como o objetivo do estudo é identificar as referências utilizadas pelos estudantes para aceitar e formular suas explicações a respeito do mundo, essa alteração possui pouca importância na realização da experiência. Foi realizada no intuito de que a pergunta da quinta aula, produzisse novos enunciados de acordo com a experiência vivida nas aulas anteriores. Ao responder a pergunta realizada na ultima aula: A sensação da cor branca existe? Os estudantes mostraram argumentos mais elaborados.

3.2.1 Enunciados da segunda pergunta

Ao final das atividades propostas na sequência de aulas (em um total de cinco aulas) os estudantes foram instigados novamente à produção escrita de enunciados. Essa finalização

tinha por objetivo a coleta de dados para análise qualitativa após uma proposição experimental que foi o programa da aula dois a quatro (explicitadas no início do subcapítulo 3.1).

A última pergunta foi realizada aos estudantes seguindo o mesmo modelo de aplicação da primeira. Nesse momento, em específico, não houve explicitações adicionais sobre o tema ou revisões a respeito das atividades que haviam sido propostas. Os estudantes foram perturbados pela questão: *A sensação da cor branca existe?* De acordo com a proposta inicial, as respostas da pesquisa foram analisadas com intuito de identificar que tipo de referência o estudante usa para produzir enunciados e concepções diante de um conhecimento. Neste caso, não há uma avaliação das concepções sobre a luz ou os fenômenos que provocam a cor branca. A única função do enunciado considerada é a de fonte de dados para análises, exatamente como foi realizado com os enunciados da pergunta anterior. Não foi permitido também o uso de consulta a anotações ou qualquer material de apoio.

Outro fator relevante é que apenas os enunciados de estudantes que participaram de todo a experiência foram utilizados como dados para análise. O total de estudantes que participaram da primeira até a segunda perturbação (pergunta) foi de 41 estudantes. Relembrando que a experiência inicialmente foi realizada com 81 estudantes e que já na primeira pergunta, 16 não responderam. Os outros 14 estudantes cujos enunciados que não foram considerados na pergunta final não produziram os enunciados ou faltaram no dia da realização desta atividade. Os 41 enunciados que serviram de base para os dados da segunda pergunta participaram de todas as cinco aulas com as respectivas atividades propostas.

Em uma análise inicial, os enunciados dos estudantes mudaram quanto à produção escrita, diferenciando as respostas da segunda pergunta em relação à primeira. A estrutura dissertativa estava mais elaborada, apresentando um ordenamento de idéias de maneira mais expressiva do que os primeiros enunciados escritos por eles. Isso já era um resultado esperado devido à convivência nas aulas intermediárias (de dois a quatro).

Segue abaixo os enunciados da resposta da segunda pergunta:

Estudante 5 – Sim, a sensação da cor branca existe, mas isso por causa, precisamos enxergar a cor branca de uma fonte luminosa, como por exemplo o sol, a chama de uma vela, a luz de uma lâmpada. A luz branca na realidade ela é composta de luzes de várias cores, um exemplo, para verificar isso é direcionar a luz diante de uma lupa ou um prisma de vidro. Onde ela se decompõem nas cores do arco-íris e também apesar de todos acharem que o arco-íris tenha somente 7 cores, na realidade existe várias

tonalidades. Basicamente as tonalidades chegam ao olho humano e dá a sensação da luz branca, é onde o cérebro aparece, e de fato ele completa a imagem com a cor branca.

Estudante 10 – existe sim, a sensação da cor branca quase sempre esta em todo lugar se você coloca uma cor verde ou qualquer cor abaixo de uma lâmpada essa cor é mais clara em outros casos a luz branca é diferente quando coloca a lâmpada acima de uma cartolina branca, fica sem brilho. A luz branca provavelmente do sol. É na realidade composta de luzes de várias cores. Isso se percebe quando uma luz branca passa por um prisma de vidro e também ocorre a decomposição da luz branca nas cores que formam o arco-íris, ele tem vários tons de cores, quando tem várias cores que atingem o olho da pessoa humana, elas provocam a sensação da luz branca, a sensação visual e do fato interpretada pelo nosso cérebro que nos ajuda a ter a sensação da cor branca.

Estudante 11 – A ciência é explicar a realidade que vemos. Bom a sensação da cor branca existe por causa dos nossos olhos, na verdade também de nosso cérebro. Bom eu posso dizer que a nossa visão enxerga essa “cor branca” por causa que as cores primárias juntando-se podem se misturar e fazer outra cor e as três cores primárias: Vermelho, Verde e azul, e as três juntas nossos olhos e o nosso cérebro interpreta que existe a cor branca mas ninguém sabe se existe mesmo porque se nos tirarmos um dessas cores não iria ter, o branco ou melhor a sensação da cor branca, isso é uma sensação do nosso cérebro porque as outras cores também podem ser uma interpretação. Já pensou se nos não tivéssemos uma das cores primárias no nosso olho, nos não iríamos enxergar metade das cores que nos mesmo enxergamos, igual às abelhas que enxergam a cor UV, já pensou nosso mundo seria muito diferente, então eu resumi tudo aqui no final. Sim a sensação da cor branca existe. Fim.

Os segundos enunciados, assim como os primeiros, foram fragmentados em trechos de acordo com a natureza referência da fonte de argumentação. Após, foram classificados na íntegra observando os elementos que indicam de qual categoria há uma maior predominância. Como os enunciados são dos mesmos estudantes que responderam a primeira questão, tentamos identificar as categorias encontradas na primeira análise.

Houve uma predominância significativa das categorias *contextuais experimentação* e da *não contextuais conceitual*. Sendo que, estas categorias, representaram a maior predominância em trechos dos enunciados. Como exemplo:

Contextuais experimentação: estudante 2 ... /Podemos identificar as cores que formam a sensação branca através de muitas coisas, uma delas é o prisma, porém não é a única, podemos fazer experiências com o papel celofane e sobrepor um sobre o outro para formar novas cores, porém

mesmo assim, precisamos do escuro e da luz branca pra identificá-las e conseguimos identificar a sensação da cor branca/

Não contextuais conceitual: estudante 6 ... /Sim, isso ocorre quando varias cores atingem os olhos, ai se tem a sensação de luz branca, que é interpretada pelo cérebro/

As categorias *contextuais de objetos* no primeiro enunciado surgiam como fundamento principal e possuíam origem no contato do estudante com o mundo em que vivência sua experiência social. No segundo enunciado ela passou a ser utilizada nos exemplo de argumentação ou descrição, com uma diferença de que os objetos na maioria eram relacionados ao vivenciado em conjunto durante as atividades (apenas dois enunciados permaneceram indicando objetos não relacionados a experiência em sala de aula). *Os objetos citados pelos estudantes são: o prisma, o papel celofane, a luminária, a lupa, a cartolina branca, a cartolina preta, o cubo de vidro entre outros*. Alguns estudantes ao relacionar o objeto com a experiência fizeram uma transposição de argumento do vivenciado na sala de aula para algo que já havia sido vivido no seu meio cotidiano.

A maior parte dos trechos dos enunciados da categoria *contextuais*, pertencem as subcategorias de *constatação e experimentação*.

A categoria *contextual de significados* apareceu apenas em trechos dos enunciados de dois estudantes. Ambas as categorias *não contextuais (descritiva e conceitual)* aparecem novamente nos enunciados, porém geralmente após a indicação de um viver, levando a conceituação fundamentada na experiência.

Houveram dois trechos dos enunciados na categoria *conceitual hipotética*, sendo que a maioria dos trechos identificados a esta pertenceram às subcategorias *afirmativa e relato pessoal*. Não houve trechos que pertencesse à subcategoria *divergente*.

Após a identificação dos trechos e subcategorias as respostas foram analisadas em sua totalidade e foi apontado o predomínio das categorias de acordo com o enunciado. A maior parte dos enunciados da segunda pergunta (*A sensação da cor branca existe?*) propenderam à categoria das **Referências Contextuais**, correspondendo um total de 68, 3 % (28 estudantes) dos estudantes que participaram das atividades. A categoria das **Referências Não Contextuais** tiveram um total de 31,7% (13 estudantes) dos enunciados. Não houveram enunciados com tendência à categoria das **Referências Conceituais Hipotéticas**. Na figura 6 podemos verificar a distribuição dos estudantes em relação às categorias predominantes.

Figura 6 – Distribuição dos enunciados da segunda pergunta de acordo com as categorias.

3.3 Considerações a respeito da experiência

De acordo com os dados obtidos na experiência explicitada anteriormente, é possível identificar a predominância nos enunciados dos estudantes das *categorias contextuais*. Esse resultado indica a relevância que o contexto, ou seja, o mundo imediato do viver possui para a formulação de argumentos e concepções para eles.

As *categorias contextuais* se apresentaram de duas formas distintas do primeiro para o segundo grupo de enunciados. No primeiro grupo de enunciados as referências eram objetos relacionados ao viver fora do contexto da sala de aula, muitas vezes associados a valores aprendidos socialmente, ou relatos de constatações fundamentadas em experiência no domínio que poderia ser classificado, de maneira tradicional, como não formal ou não científico. As referências neste momento inicial, em sua maioria apresentam uma valorização e validação da experiência do viver pelo viver cotidiano. Os fenômenos observados pelos estudantes, desse modo, iriam ter a mesma referência como modelo válido.

No segundo grupo de enunciados dos estudantes, o contexto continua tendo uma importância significativa, a grande diferença agora que o contexto que referencia as concepções e ainda as exemplificam concretamente são as experiências e o vivenciado ocorrido nas aulas dois a cinco. Desse modo, a preponderância de um conhecimento que

poderia ser classificado como científico acontece de modo contextual. A referência contextual de um conhecimento que é científico fundamenta o modelo para argumentar e validar a experiência vivida pelos estudantes. Aqui neste ponto, o conhecimento científico apresentou-se de maneira contextual.

O vivenciado em conjunto das atividades propostas na sequência de aulas criam uma deriva através da interação dos estudantes (ontogenia coletiva) e proporcionou um convívio na sala de aula de interações recorrentes. Este ponto pode ser compreendido sobre a perspectiva do acoplamento estrutural (MATURANA e VARELA; 2001), que se produzem quando dois ou mais indivíduos em um processo de interação recorrente se perturbam provocando trocas em todos os envolvidos.

Os estudantes na sala de aula, em sua vida escolar e em sua comunidade, estão em acoplamento estrutural com o meio em que vivem através da linguagem, e isso, se dá todos os dias. Essa interação recorrente que define o contexto, do qual a ciência não pode se afastar, pois de acordo com a experiência, o contexto possui um valor fundamental para uma experiência e uma concepção válida para os estudantes. Essa discussão será ampliada no capítulo que se segue.

CAPÍTULO IV – O CONHECER A PARTIR DA BIOLOGIA E DA CULTURA

Na experiência realizada como observação do fenômeno da explicação, o contexto surge como fundamento da validação de maneira legítima para os estudantes. O surgimento do contexto como um elemento fundamental na construção das concepções a respeito de um fenômeno, aponta a existência de uma validação daquilo que se aprende pelo modo de viver e fazer dos indivíduos. O fazer dos indivíduos, deste modo, em relação à validação através do contexto é fundamental.

Maturana e Varela (2001, p. 31) afirmam: “A experiência de qualquer coisa lá fora é validada de uma maneira particular pela estrutura humana, que torna possível *a coisa* que surge na descrição”. A maneira particular da validação, citada pelos autores, é realizada na história ontogênica de um ser humano através de interações recorrentes que geram o contexto através do fazer. Estas interações são determinadas pela sua constituição biológica como ser autopoietico.

As interações de um ser vivo geram dinâmicas no seu organismo que influenciam o próprio ser. Nesta geração de dinâmicas, surge o conhecer como um modo particular na realização do viver. O conceito do conhecer é originário de diversos outros seres vivos, e sua origem inclui qualquer ser vivo que em sua estrutura seja possível uma interação recorrente com um meio.

O ser humano, assim como qualquer ser vivo, também conhece. O que difere o conhecer da espécie *Homo sapiens* dos demais seres vivos é o autoconhecimento e a reflexão, que são domínios exclusivos dos seres humanos; estes domínios surgem a partir da sua constituição biológica, linguagem e seu sistema social, que são indissociáveis.

Quando assumimos no primeiro capítulo a perspectiva do observador, ou seja, quando adotamos a pergunta pelo observador, a indissociável condição entre a biologia, a linguagem e o social deve ser considerada no entendimento do viver e da aceitação de uma explicação. Sabendo que essa condição do viver está relacionada a processos retroalimentadores de interação, tentaremos elaborar um modelo teórico para os processos interativos. Para elaborar este modelo teórico a respeito da interação foi necessário desenvolver as concepções anteriores sobre a perspectiva do observador (capítulo I) e a constituição biológica (capítulo II).

O conceito de retroalimentação serve para distinguir as dinâmicas orgânicas da estrutura, mas como agora tratamos sobre o comportamento e a interação. Utilizaremos doravante o termo *recursão*, pois Maturana utiliza o termo ao falar de processos retroalimentadores no comportamento e na maneira de operar de um ser humano na linguagem.

Maturana (2006, p. 72) afirma que “... recursão faz referência à aplicação de uma operação sobre o resultado da aplicação de uma operação”. A interação humana no comportamento é uma ação recursiva, e ela influencia no modo de viver resultando na deriva natural.

4.1 A interação do observador: um modelo teórico

Os estudantes são observadores no observar (MATURANA e VARELA, 2001). A interação com o meio é uma distinção de um observador, pois o ser que vive a experiência do viver, não realiza a distinção de sua operação no viver. Quem faz a distinção da operação no viver é um observador externo a interação, que distingue o viver como fenômeno.

Na experiência ilustrativa descrita no capítulo anterior foi possível vivenciar uma interação recorrente entre os estudantes. A interação é recorrente no viver cotidiano, e gera processos recursivos que modificam o ser que interage. Ela pode ser compreendida como o fazer dos observadores, e para Maturana e Varela (2001, p. 30): “Todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer”. Tentaremos compreender o fazer interativo do observador autopoietico fundamentado no sistema conceitual proposto no capítulo II, quanto a sua constituição biológica.

Construiremos um modelo para compreender como acontecem as interações no meio onde vive o observador e como que surge a abstração do contexto. Logicamente tudo que é dito neste processo de interação faz referência ao fazer contextual que pode se tornar descontextual (sem vínculo explícito ao meio que rodeia o indivíduo). Se chegarmos à compreensão de como isto acontece, podemos chegar às conceituações dos resultados encontrados na experiência com os estudantes e entenderíamos a existência de enunciados contextuais e não contextuais. Por conseguinte à diversidade de entendimento das ciências de

maneira contextual e não contextual. Pois ambos os modelos são válidos, já que coexistem na perspectiva do observador.

Com base no sistema conceitual proposto a partir das teorias de Humberto Maturana e Francisco Varela, distinguimos no processo interacional humano três fases distintas: Os *processos interacionais primários*, os *processos interacionais secundários* e os *processos interacionais terciários*.

4.1.1 Processos interacionais primários

Sabemos que o observador, ou estudante neste caso, é um ser autopoietico, e como tal possui uma estrutura biológica que lhe permite uma interação com o meio. Os seres autopoieticos possuem dois domínios principais: a dinâmica interna do seu organismo e a dinâmica externa que compreende o envolvimento do organismo e o meio, que já foram descritos no capítulo I e II.

A estrutura biológica do observador possui um sistema perceptor (procória e ontocória) do domínio externo que é o seu sistema sensorial, composto de visão, audição, paladar, tato, olfato, sistema vestibular e proprioceptivo (LENT, 2008). A partir deste sistema, a sua estrutura cognitiva estabelece uma dinâmica de relações que proporcionam ações efetivas (comportamentos) de interação com o meio.

A respeito da dinâmica do comportamento de um ser vivo, Maturana (2006, p. 63) afirma: “...há também uma dinâmica de relações entre o ser vivo e o meio, que é a *conduta* ou *comportamento*”. As ações efetivas geram condutas, totalmente válidas para o ser humano devido o seu sistema nervoso operar em clausura (*clausura operacional*). Os comportamentos são condutas observadas por um observador externo ao realizar da ação efetiva. E quando estas condutas são realizadas na interação recorrente de mais de um indivíduo no viver temos as condutas consensuais. O pesquisador Ibid. (p. 71, grifo do autor) define consenso:

O consenso, entretanto, não precisa ser explícito. Quando se diz *que chegou a um consenso*, o que está se dizendo é que se chegou a uma coordenação de ação como resultado da conversação e que não se tem mais nada a dizer. Não é necessário nem mesmo torná-lo explícito. De modo que no consenso não há uma explicitação da coordenação de ação à qual se faz referência,

mas há uma clara sinalização de que é o resultado de estar junto, o resultado de um conversar.

Desta maneira, para Maturana podemos ter dois tipos de condutas que são *condutas instintivas* e *comportamentos apreendidos*. Sendo que, as condutas consensuais pertencem ao domínio dos comportamentos aprendidos. Ele (op. cit.) define:

Se essas condutas resultam de uma história particular, de modo que não teriam acontecido se essa história particular não houvesse acontecido, fala-se de *condutas ou comportamentos apreendidos*.

Se essa conduta houvesse produzido, ou as condições corporais que tornam possível esse comportamento houvessem surgido de qualquer modo, independente da história individual do organismo, fala-se de *condutas instintivas*.

Maturana descreve que os comportamentos aprendidos são resultados das interações recorrentes entre indivíduos, ou nas próprias palavras dele, o “estar junto”. Dessa maneira, por exemplo, os resultados dos enunciados dos estudantes na experiência realizada foram produzidos após o momento de “estar juntos”, e representa genuinamente uma amostra de comportamento apreendido (não estamos categorizando a natureza das concepções sobre o fenômeno como aprendido). Em outras palavras, como afirmado por Maturana (2006, p. 72): “As coordenações consensuais de comportamentos resultam da convivência, e não haveriam se produzido se não houvesse essa história de convivência”.

As coordenações consensuais partem de uma interação recorrente. Iremos estabelecer um modelo de como essa interação acontece na relação do ser com o meio. Nomeamos esta primeira distinção da interação como *Procedimentos interacionais primários*. O modelo é uma representação da perspectiva do ser (sujeito da ação) em interação com o ambiente e outros seres.

No modelo apresentado, o ser vivo realiza ações (ou fazeres) de interação com outros seres e com o meio que o cerca. Através de uma troca recorrente esta interação gera o conhecer. Este modelo está ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Dinâmica dos processos interacionais primários.

O indivíduo ao interagir realiza o conhecer. Ao construir este conhecer, ele modifica a sua estrutura de modo a ressignificar o processo de interação, ou seja, o conhecer gerado pela interação dele com outros elementos influencia no fazer (ação) da interação. Compreendendo a interação como um processo recursivo, e considerando este processo como resultado da troca mútua de perturbações entre o indivíduo e outros seres e o meio, definimos essa relação como *processos interacionais primários*, pois faz surgir o conhecer como resultado da realização do viver.

A interação neste ciclo primário representado na figura 7, ao realizar o conhecer ocasionará mudanças no indivíduo, que realizará uma nova interação influenciada pelo conhecer gerado, ou seja, haverá uma modificação na forma do indivíduo interagir. Por isto, a interação é um processo recursivo.

A realização do conhecer por *processos interacionais primários* proporciona uma mudança em relação ao meio e aos outros seres vivos. Ao se dar conta de sua interação, o indivíduo modifica sua perspectiva no seu modo de relação com a dinâmica externa, o que pode proporcionar que, uma interação meramente ocasional ou acidental, passe a ser uma interação intencional, o que configura uma postura de observador.

O conhecer no realizar dos *processos interacionais primários* podem ser identificados nos primeiros enunciados dos estudantes ao responderem a pergunta: a cor

branca existe? São marcados pelas referências dos objetos e pela constatação através da percepção. Como exemplo o enunciado de um estudante que constata através de um objeto: *eu vejo a cor branca no papel*.

Ao observar a realidade em sua volta, o indivíduo através da sua percepção nas experiências vivenciadas no cotidiano, faz com que o mundo esteja sob uma perspectiva individual que determina a forma de interação. Como observadores somos carregados de informações das experiências cotidianas.

Ao realizar a interação que denominamos de *processos interacionais primários*, os indivíduos mudam estruturalmente devido à natureza recursiva da interação. Isto acontece por serem organismos autopoieticos, e como tal buscam a manutenção de suas dinâmicas internas ao sofrerem perturbações do meio. Esta mudança estrutural proporciona que cada indivíduo possua um histórico de mudanças particular (*fenômeno histórico*). As sucessivas mudanças vão determinar sua história ontogênica. E como a história ontogênica é particular ao indivíduo, este vivenciará a *deriva estrutural*. Maturana (2006, p. 82): “A história de mudança estrutural de um organismo em interação com o meio é uma deriva – uma deriva estrutural”.

Podemos perceber a existência de uma deriva estrutural quando colocamos diferentes indivíduos no observar e pedimos a identificação ou concepção a respeito de algo cotidiano. No caso da experiência descrita no capítulo anterior, os estudantes possuíam diversas percepções a respeito da cor branca, o que originou os diferentes enunciados.

Os processos interacionais primários não são exclusividade dos seres humanos, existe como possibilidade entre todos os seres autopoieticos. A diferença está em que, mesmo que esses outros seres realizem o conhecer, eles não sabem que conhece e nem manifestam isto na linguagem.

4.1.2 Processos interacionais secundários

Já dissemos anteriormente que o ser humano realiza o conhecer através dos *processos interacionais primários*, e que este possui uma condição recursiva. Em algum momento da deriva humana, na sua história ontogênica, surge a reflexão e o autoconhecimento, ou seja, existe uma dinâmica interna particular do sistema nervoso que permite a existência de um “eu” que pensa. Neste caso o ser passa a ter consciência que conhece, e essa reflexão também

interfere na interação. Essa operação de interação é característica fundamental do observador no observar.

Os processos de interação que se realizam através de uma reflexão sobre o conhecer, e que os seres realizam através da experiência do viver o seu fazer, definimos como *processos interacionais secundários*. Os processos interacionais secundários, ao contrário dos processos interacionais que acontecem na percepção de perturbações, utilizam uma reflexão com base no conhecer na realização do viver, ou seja, seu fazer é influenciado por uma reflexão do conhecer autoconsciente.

Maturana e Varela (2001, p. 27) afirmam: “Os estados de atividade neural deflagrada por diferentes perturbações estão determinadas em cada pessoa por sua estrutura individual e não pelas características do agente perturbador”. A reflexão, como um operar da dinâmica interna do sistema nervoso do indivíduo, realiza-se em um domínio que envolva as referências contextuais, ou seja, as experiências do viver cotidiano, as modificações da estrutura por perturbações externas a dinâmica interna particular deste indivíduo.

O modelo dos processos interacionais secundários podem ser visualizados na figura 8.

Figura 8 – Modelo dos processos interacionais secundários.

Os *processos interacionais secundários* também são recursivos, e devido a isso, re-significam a experiência do viver, a interação e o conhecer. O fazer do indivíduo ficar relacionado a essa re-significação que é uma maneira distinta dos outros fazeres de outros indivíduo. Reforçando, que os seres humanos são dotados de um sistema nervoso, e sofrem uma deriva estrutural que permite a existência de diversas ontogenias e maneiras de perceber o meio que o rodeia.

Estes processos interacionais são comumente percebidos no ensino de ciências em atividades que proporcionam a experiência como fundamental para a construção de concepções e conceituação de fenômenos. Foi este processo o que aconteceu durante as aulas dois a quatro da experiência do capítulo III. Onde os estudantes, através do convívio e da experimentação, vivenciaram uma ontogenia particular, que teve como resultado a re-significação de suas experiências a respeito do fenômeno da cor branca, e ao mesmo tempo, re-significaram o seu fazer de acordo com o contexto desta história ontogênica particular.

Tanto os processos interacionais primários quanto os processos interacionais secundários são contextuais, pois o fazer é fator influenciador e é influenciado na operação do conhecer, na realização do indivíduo no viver. Qualquer conhecer que surja da recursão destas interações é contextual, pois age no fazer dos indivíduos.

Nos enunciados realizados na experiência com os estudantes, é possível identificar trechos que descrevem este fazer no cotidiano e também na experiência vivida na sala de aula. A re-significação das concepções científicas da categoria não contextual para a contextual indica a realização do fazer como interventor da interação, que tem como resultado a ação de conhecer. Assim, todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer (MATURANA e VARELA; 2001).

Os *processos interacionais secundários* acontecem na linguagem, que de acordo com Maturana e Varela (2001, p. 32): “Toda reflexão, inclusive a que se faz sobre os fundamentos do conhecer humano, ocorre necessariamente na linguagem, que é nossa maneira particular de ser humanos e estar no fazer humano”.

4.1.3 Processos interacionais terciários

O ser humano é dotado de um sistema nervoso capaz da reflexão, é possível que seu processo de interação aconteça somente no domínio da linguagem. Os *processos interacionais secundários* acontecem na linguagem também, mas há uma diferença em operar uma interação somente na linguagem, pois aí desaparece o contexto, ocultando o fazer. Quando ocorre uma interação somente na linguagem denominamos de *processos interacionais terciários* (ver figura 9). Maturana e Varela (2001, p. 233) afirmam: As descrições podem ser feitas tratando outras descrições como se fossem objetos ou elementos do domínio de interações. Ou seja, o próprio domínio lingüístico passa a ser parte do meio de possíveis interações.

Figura 9 – Modelo dos processos interacionais terciários

Nos *processos interacionais terciários* oculta-se o fazer. A recursão acontece na linguagem entre os indivíduos que realizam uma reflexão. E nessa dinâmica interacional podem ocorrer duas situações distintas, que variam de acordo com o caminho explicativo.

Um dos caminhos explicativos, o observador (indivíduo) está operando na *objetividade sem parêntese* (capítulo I). O caminho explicativo da objetividade sem parêntese nega a estrutura biológica e a dinâmica interna do sujeito que observa, sendo que a experiência é válida pela existência do fenômeno (que se torna um objeto distante do observador, sendo considerado geralmente como um “ente”) e não pelo sujeito autoconsciente. Retomando o que foi dito no capítulo I, o observador, neste caminho explicativo, é apenas um testemunho de eventos exteriores as suas capacidades de percepção e cognição.

O outro caminho é o da *objetividade entre parênteses* no qual o observador é o legítimo ser que interage e a interação dele com a linguagem distingue um fenômeno sob sua perspectiva ontogênica.

O operar humano nos processos interacionais terciários depende de uma recursividade na linguagem, e a recursão pode acontecer tantas vezes, que o contexto não existe na constituição do sujeito que observa.

Como exemplo, ao tratarmos de conteúdos classificados como científicos em uma aula de ciências, geralmente objetiva-se uma descrição de um fenômeno de modo conceitual, ou seja, sem fazer referência ao contexto. Caso o estudante aceite a descrição essa será uma explicação. O ensino, muitas vezes, escolhe o caminho da objetividade sem parêntese, o que leva ao estudante a ter duas opções: ou aceita a descrição como válida e possui um conhecimento científico; ou não aceita a descrição e desta forma, não possuirá um conhecimento científico.

As recursões na linguagem proporcionam uma operação cega quanto ao observador como participante do modelo que valida a descrição, apenas restando a esse aceitar uma verdade científica validada pelo fenômeno, como se esse acontecesse independente do observador.

O observador distingue um fenômeno, e sua distinção faz o fenômeno existir como objeto de observação. Desse modo, os processos interacionais terciários, que ocultam o fazer do observador, criam a ilusão de que existe descrição de um fenômeno apenas pelo próprio fenômeno, ou seja, pelo ente que existe. No ensino, essa posição favorece a negação do observador em sua ação efetiva de distinguir o fenômeno e contextualizá-lo com sua própria ação no viver. As ciências, seguindo apenas a negação do observador, tornam-se assim descontextualizadas.

Para que não haja uma descontextualização da ciência, deve-se utilizar de *contabilidade lógica* (consultar capítulo II, item 2.6), para entender de que caminho explicativo e que tipo de interação está ocorrendo ou ocorreu. De acordo com a proposta que defendemos que toma como referência a pergunta feita pelo observador, devemos sempre seguir o caminho *explicativo da objetividade entre parênteses*. Que proporciona uma perspectiva que nos processos interacionais sempre existirá o indivíduo, dotado de um sistema biológico autopoiético que permite que as perturbações do meio sejam percebidas pela sua estrutura, e ao mesmo tempo realize distinções de fenômenos, ao qual aceita uma explicação de acordo com sua ontogenia e mudanças estruturais no realizar do seu fazer no ato de conhecer.

A partir dos processos interacionais primários, secundários e terciários, no caminho da objetividade entre parênteses, a interação tem uma relação que reconhece como válida a experiência do sujeito que observa para aceitar a descrição do fenômeno observado, tornando

a descrição uma explicação. Pois a explicação parte do sujeito que aceita, e não da origem da descrição, que são outros indivíduos na objetividade entre parênteses e os fenômenos em si (entes) na objetividade sem parêntese.

Devido a esta condição descrita acima, do ser humano no observar e na interação recorrente, podem existir caminhos diferentes para aceitação de explicações pelo observador. Quando a explicação existe, através da interação, o observador passa a ter uma conduta consensual com aquilo que descreve o fenômeno, e por ser essa a conduta, depende de uma história ontogênica do próprio observador.

As interações através da linguagem em condutas consensuais ou comportamentos consensuais criam um espaço de relacionamento da convivência na própria linguagem, que é fundamental na história ontogênica dos observadores envolvidos.

4.2 O domínio linguístico

No capítulo I tratamos a linguagem como uma realização que nos torna humanos. Mas como ainda não havíamos abordados as condutas consensuais e uma descrição sobre processos interacionais, ainda não podíamos falar a respeito do domínio linguístico.

Os seres humanos em uma interação recorrente sofrem perturbações mútuas, que configuram uma ontogenia caracterizada por um acoplamento. Só há acoplamento se houver interações recorrentes. Quando manifestam comportamentos que independem da história ontogênica destes indivíduos nesse momento de acoplamento estrutural surge uma conduta instintiva ou inata. No entanto, quando se manifestam comportamentos que só aconteceram devido à história ontogênica no conviver de humanos como resultado da interação recorrente, temos as condutas consensuais.

Estar na linguagem, é um operar do ser vivo em uma coordenação de coordenação de ação (MATURANA, 2006, p. 70). Quando dois humanos dialogam, eles realizam uma coordenação de ação que é um operar na linguagem, e ainda mais, quando há reflexão no operar na linguagem, há aí uma coordenação de coordenação de ação. Desse modo Maturana (*ibidem*) define: “a linguagem como fenômeno consiste no operar em coordenações consensuais de comportamentos de coordenações consensuais de comportamentos”.

Os comportamentos são um domínio de distinção do observador, e não do ser que manifesta. E nesse ponto, deve ficar evidente que há uma diferença entre o modo de operar de um ser humano e a descrição do seu comportamento. Por isso não podíamos afirmar através dos enunciados dos estudantes a maneira como estes aprendem, mas podemos ver através de coordenação de ações que os mesmo utilizam uma história particular sua como referência para validar aquilo que aceitam como explicação.

Quando o observador distingue o comportamento entre dois ou mais humanos está em um domínio distinto do operar destes seres, a sua descrição é semântica, ou seja, ao processo comunicativo gerado na manifestação comportamental ontogênica, o observador, atribui significados nas coordenações de condutas consensuais. Maturana (2001, p. 229) afirma: “É essa qualidade dos comportamentos comunicativos ontogênicos – de poderem aparecer como semânticos para um observador – que trata cada elemento comportamental como se fosse uma palavra que permite relacionar essas condutas à linguagem humana”.

Quando relacionamos o domínio das condutas (ou comportamentos) à linguagem humana surge o domínio lingüístico, apontado por Maturana (ibidem) quando afirma: É tal condição que ressaltamos, ao designar essa espécie de classe de condutas como constituintes de um domínio lingüístico que se forma entre os organismos participantes.

Uma característica relevante é que as condutas linguísticas não fazem parte do domínio lingüístico, já que o surgimento deste depende da história ontogênica coletiva, totalmente relacionada à cultura. Já as condutas instintivas surgem sem um vínculo cultural desta história ontogênica coletiva. Maturana e Varela (2001, p. 231) definem lingüística: “Chamamos de lingüística uma conduta comunicativa ontogênica, ou seja, um comportamento que ocorre num acoplamento estrutural ontogênico entre organismos, e que pode ser descrito em termos semânticos por um observador”.

De acordo com a definição de Maturana e Varela, os enunciados dos estudantes realizados na experiência são condutas lingüísticas, já que dependem da história particular ontogênica dos indivíduos, seja no viver de seu meio, ou na família, e após as aulas vivenciadas no programa da experiência, passou a ser da ontogenia coletiva dos estudantes envolvidos.

Chegamos, talvez, na reflexão mais importante a respeito do ensino de ciências desta investigação. Ao refletirmos sobre a importância no observador na aceitação de uma explicação, e ao optar por compreender a constituição biológica autopoiética como fundamental na estrutura do organismo para a possibilidade da percepção de perturbações do meio (seja ele meio ou outro organismo), tínhamos como objetivo alcançar a reflexão sobre o

produto da interação de organismo com uma história ontogênica coletiva, operando na coordenação da coordenação de ação, que é a linguagem. O resultado desta operação é um existir no domínio linguístico que tem como intersecção entre as condutas ontogênicas e as condutas comunicativas as *condutas linguísticas* (ver figura 10).

Figura 10 – Representação de Maturana e Varela (2001) para o domínio linguístico.

As *condutas ontogênicas* surgem na interação provocada por um acoplamento estrutural entre organismos que compartilham um fenômeno histórico (mudanças estruturais sucessivas) de maneira coletiva, ou seja, são culturais.

Já as *condutas comunicativas* dependem da constituição biológica da espécie, e está relacionada mais a genética e fisiologia da espécie e não a cultura. Por isso Maturana e Varela (ibidem) definem as condutas linguísticas como uma “conduta comunicativa ontogênica”, pois essa surge na interseção entre uma história ontogênica coletiva, estabelecida culturalmente e a constituição biológica do organismo que permite o acoplamento estrutural, sendo que sua manifestação, ou seja, o comportamento pode ser descrito por um observador em termos semânticos. Diante de tudo isto, Maturana e Varela (2001, p. 232) afirmam que: “operamos na linguagem quando um observador percebe que temos como objetos de nossas distinções linguísticas elementos do nosso domínio linguísticos”.

Nos processos interacionais terciários onde a recursão acontece na própria linguagem, o domínio linguístico se torna o meio das interações. Desse modo, a existência de um domínio semântico descrito por um observador, passa a ser conservado também pelos indivíduos em interação, e se tornam meios de adaptação. Para Maturana (idem ibidem): “existimos em

nosso funcionamento na linguagem e conservamos nossa adaptação no domínio de significados que isso faz surgir”.

Se nos tornamos humanos pela linguagem, e as nossas condutas são consensuais em um viver ontogênico coletivo, juntamente com a constituição biológica autopoietica, que resultam em uma conduta linguística descrita em termos semânticos por um observador que atribui um significado ao comportamento, e ao mesmo tempo, a recursão se dá na linguagem havendo conservação desses para a adaptação. Tudo isto implica que somos seres biológicos culturais, em referência evidente à Biologia Cultural criada por Humberto Maturana.

4.3 O ensino de ciências no domínio das condutas ontogênicas e linguísticas

Na perspectiva da teoria do conhecimento de Humberto Maturana e Francisco Varela, entendemos que a cultura pode ser compreendida como resultado de um acoplamento estrutural ontogênico coletivo. Mas apontamos também que a distinção dessa é realizada por um observador.

A cultura pode ser entendida como um modo de viver, que se dá na interação de organismos, e deste modo, se torna uma possibilidade biológica, pois o modo de viver está associado à manifestação comportamental oriunda da estrutura do sistema nervoso e da organização autopoietica dos seres humanos, que são seres biológicos. Esse comportamento é desencadeado por perturbações do meio, que geram distinções na linguagem. Temos aqui, entre a linguagem e a observação, um processo que pode ser subdividido de acordo com a perspectiva do observador.

No viver cotidiano, na linguagem, os seres humanos fazem distinções. Transformam as distinções em símbolos, conceitos, idéias, movimentos, representações, descrições, que são diferentes da práxis do viver. Ao fazer isso, os seres humanos na linguagem atribuem um valor que pode ser passado aos seus descendentes, tornando-se assim um fenômeno histórico conhecido por mais de um indivíduo.

A valorização dos movimentos, por exemplo, em uma distinção da práxis do viver, pode se tornar a manifestação que nomeamos como dança. As cores distinguidas da práxis do viver em uma determinada superfície podem ser nomeadas como uma pintura (ao qual podem

ser atribuídas emoções). Mas todas estas manifestações são de responsabilidade dos seres humanos, que distinguem na linguagem uma perspectiva idiossincrática da práxis do viver.

No momento que um observador nota o fenômeno histórico e os valores atribuídos às distinções do viver de um determinado grupo de seres humanos, em sua história de acoplamento estrutural coletivo, surge à distinção da cultura.

O fato de a cultura ser distinguida na linguagem afasta em muitas vezes o que esta é: uma realização possível pela estrutura biológica dos seres que a manifestam, no seu modo particular de viver e conservam a sua constituição biológica e a linguagem. Assim, estamos observando em um domínio em que o ser humano é biológico e cultural, arraigado a sua práxis do viver.

A práxis do viver é o realizar do humano em sua interação com o meio. Essa é insubstituível pela distinção na linguagem. Como tratado anteriormente, a cultura é uma distinção de um observador externo a práxis do viver de diversos seres humanos, que conservam em comum alguns comportamentos e manifestações de seu modo de viver. Mas é também uma descrição no domínio semântico, pois o observador distingue coordenações de condutas consensuais de coordenação de condutas consensuais e atribui um valor.

Segundo Maturana (2006, p. 252) nenhuma distinção de fenômenos através da linguagem substitui à práxis do viver. E, como a cultura na linguagem é uma distinção do observador, em nada ela substitui à práxis do viver dos seres humanos, pois essa pode se modificar de acordo com a deriva estrutural dos indivíduos em uma ontogenia coletiva.

O homem é um organismo biológico, o que implica que o seu fazer é o fundamento para constituir o próprio organismo que faz. O fazer está intrinsecamente relacionado ao modo do viver, da práxis do viver. A distinção dele, o homem, na sua própria realização do fazer no viver, gera as distinções na linguagem e a ela mesma. Quando um observador externo distingue o fazer de outro observador no seu viver, ele distingue a cultura. Desse modo, a cultura não é um “ente” abstrato, mas uma distinção do fazer dos homens.

Para Maturana e Varela (2001) “todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer”. Ao passo que existem as distinções do fazer, o homem passa a conhecer o mundo que o rodeia e ao mesmo tempo ressignifica este fazer apenas no domínio da linguagem. É um processo cíclico de retroalimentação. Ressignificar o fazer e fazer ao ponto de ressignificar. No momento em que realiza o seu fazer, o homem, realiza ao mesmo tempo o conhecer. E por ser dotado de um sistema nervoso que gera sua autoconsciência, o conhecer muda sua forma de interação com o meio que implica novamente no seu fazer.

O pilar que sustenta a ação do viver é a autopoiesis, pois se o organismo a perde tem por fim o seu fazer. Logicamente se muda a biologia constituída no fazer, muda o sujeito que faz e muda a maneira pela qual distingue o mundo, muda a manifestação da sua linguagem. A possibilidade de variação e mudança permite a existência de uma diversidade cultural através da história ontogênica por deriva natural.

Entre essas manifestações culturais de seres biologicamente constituídos um conjunto de observações no viver foi ressignificado socialmente. No continente europeu, desde séculos anteriores a data inicial do cristianismo, por exemplo, na Grécia do século VI a.C. (CHAUÍ, 2002), indivíduos realizavam distinções no seu viver e tinham como diferencial descrever estas distinções de um modo específico. E não só ressignificaram o viver, como também ressignificaram a própria descrição da sua práxis do viver. Se colocaram como observadores no observar e produziram um caminho de descrições e orientações que permitiam a outros seres humanos compartilhar a sua maneira de observar o fazer.

Ao longo da história essa maneira de observar foi perpetuada por grupos de indivíduos¹⁵ que distinguiam seu modo de fazer de uma maneira diferente dos indivíduos que não as distinguiam. O domínio semântico também foi ressignificado neste processo, chegando ao ponto de se tornar acessível somente aos indivíduos que distinguiam sobre uma perspectiva semelhante às descrições repassadas a si mesmo e a novos observadores que aceitavam essas descrições.

Apesar de haver manifestações semelhantes em outras partes do planeta Terra é de reconhecido valor que estes grupos que compartilhavam um modo de ver os fenômenos que os rodeiam e também, compartilhavam um modo de compreender e aceitar essa compreensão desses, criou a ciência. E nomear a realização do viver humano como ciência e não a outros, se deve ao fato de que o modo de fazer é totalmente responsável pela distinção de quem observa o grupo de maneira externa, e este modo de fazer no viver peculiar nomeou-se de ciência.

A partir dessas considerações sobre a criação da ciência, o modo de fazer dessa cria a ciência. O Ente ciência observa externamente e distingue o viver de outros indivíduos, em uma manifestação cultural. Indivíduos que se tornam cientistas, são, pois o seu fazer está vinculado com a ciência, e sua história ontogênica o levou por deriva natural a este caminho (não confundir que o resultado é devido a passividade do homem em escolher a sua deriva,

¹⁵ Como exemplo: Aristóteles (384 – 322 a.C.), Ptolomeu (100 a 178 d.C.), Copérnico (1493 – 1543 d.C.), Kepler (1571 - 1620 d.C.), Galilei (1564 - 1642 d.C.), Bacon (1561 – 1626 d.C.). Descartes (1596 – 1650 d.C.), Newton (1642 – 1727 d.C.) entre outros (LOOSE ; 2000).

pois o sistema nervoso é determinante nas interações que ocorrem, existe uma natureza retroalimentadora nessa relação entre homem e deriva).

A ciência como cultura está relacionada ao modo de fazer, e todo fazer é um conhecer. Desse modo, devemos entender que fazer ciência é uma realização do ser humano como organismo biológico nas distinções na linguagem. O problema é que, distinções na linguagem realizam processos cíclicos na própria linguagem, resignificando a própria distinção, chegando ao resultado do isolamento da práxis do viver. Por isso a ciência atualmente parece desvinculada do fazer cotidiano. O conhecimento às vezes, se encontra em uma realização descontextualizada.

Descontextualizar o fazer científico criou uma ilusão de que todos os fazeres humanos estão relacionados à ciência de algum modo. E como foi afirmado anteriormente, com base na distinção do Maturana de que a práxis do viver não pode ser substituída pela distinção dessa na linguagem, a ciência como distinção cultural na linguagem, não é necessária a práxis do viver, e logo se a ciência for descontextual este abismo de desvalorização aumenta.

Talvez a separação entre o fazer e a distinção na linguagem por processos cíclico dentro da própria linguagem, gerou o conflito que existe ao se ensinar ciências nas escolas. Outra ilusão é que o fazer de todos os seres humanos estão relacionados à ciência, o que de fato é um mito de hipervalorização do conhecimento científico. Legado de um processo histórico longo, onde um grupo de cientista (como exemplo os físicos Isaac Newton e Karl Popper) que possuíam a ciência como um modo de fazer tinha um reconhecido valor social.

Outro equívoco que não pode ocorrer é que, se a ciência não é necessária à práxis do viver, essa não pode melhorar a qualidade da práxis do viver. Aqui reside uma armadilha. Melhorar e qualidade são distinções realizadas por um observador resignificando o viver de outros seres humanos. Como seres orgânicos, se existimos estamos adaptados. Aumentar ou prolongar a manutenção de nossa autopoiesis é uma condição que depende do valor social e da cultura. A ciência contribui com a vida em oferecer um suporte facilitador a determinadas situações do viver. Mas se fosse somente ela a necessária para melhorar a qualidade do viver, não existiram outras formas de cultura que desconhecem totalmente aquilo que foi nomeado como ciência.

O fazer científico é importante para os cientistas. E com certeza se a história ontogênica de um ser humano possibilitar relacionar o seu fazer com a ciência, este valorizará a ciência também como um fazer importante.

Se o objetivo principal ao ensinar ciências for uma valorização do conhecimento científico, estaremos negando os conhecimentos que não derivam no fazer científico. Saber

que a ciência é uma cultura, relacionada ao modo de viver no viver cotidiano, e que a mesma é uma manifestação de distinção na linguagem, nos põem em uma posição reflexiva. Talvez a consciência reflexiva de saber que existem outros modos de fazer no viver cotidiano, que não são os ditos científicos, como a arte, a dança a literatura, entre outros, mas que são fazeres tão válidos quanto; e que a escolha entre um e outro depende da constituição biológica cultural dos seres humanos.

O ensinar ciências deve ocorrer no respeito ao outro como legítimo, sem a hipervalorização do conhecimento científico como único caminho de compreensão do mundo que nos rodeia e da forma que os seres humanos interagem. A ciência é importante para os cientistas, pois esta e sua manifestação no viver, e seu modo de realizar a práxis do viver, e, por conseguinte, é sua criação cultural. O que deve ser um convite à reflexão da ciência como cultura e a condição do ser humano na sua história ontogênica determinada por sua constituição biológica. Aqueles que passarem pelo ensino e derivarem para o fazer científico, serão os próximos a compartilhar este modo de fazer, e ter isso de maneira consciente torna a ciência mais contextualizada com o fazer dos homens na sua práxis do viver.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa dissertação buscamos criar um sistema conceitual que permitisse identificar a observação de um fenômeno como uma distinção atribuída a um observador, e que essa distinção após ser reformulada na linguagem e aceita por outro ou o mesmo observador passasse a ser uma explicação. Para isso, recorremos à teoria do conhecer de Humberto Maturana e Francisco Varela como principal fundamentação as afirmações e reflexões apresentadas.

Temos assim, que os estudantes e professores envolvidos no processo de ensino de ciências – que incluem as ciências biológicas – são observadores no observar. Por isso, no capítulo I apontamos a necessidade de uma reflexão a respeito da condição biológica do observador para uma explicação.

Defendemos que a explicação só existe em um processo de interação recorrente na linguagem, e que sua aceitação depende da validação do observador ao distinguir um fenômeno.

Indicamos as quatro condições de Maturana e Varela para validar uma explicação científica. A estrutura da dissertação foi desenvolvida tendo como *background* esses critérios de validação da explicação do fenômeno investigado.

A *primeira condição* diz respeito à descrição do fenômeno ou fenômeno a explicar. O fenômeno a explicar foi à própria explicação, a qual só pode ser distinguida em uma relação entre observadores em interações recorrentes. A sua existência em uma interação como o ensino diz respeito ao ato de aceitar como válido o que se “escuta” (nas palavras do próprio Maturana), ou seja, aceitar as descrições de um observador a respeito de um fenômeno como válido. Uma explicação é uma distinção na linguagem aceita como válida por um observador, que pode ser ele ou outro observador. Isso foi o intento do capítulo I.

A *segunda condição* foi à proposição de um sistema conceitual, ou a hipótese explicativa. O sistema conceitual foi fundamentado principalmente na teoria do conhecer de Humberto Maturana e Francisco Varela, que reconhece a importância da constituição biológica do observador e a sua interação com o meio, o que possibilita o surgimento da linguagem, domínio onde acontece a explicação. Do sistema conceitual ressaltamos as seguintes afirmações:

- A pergunta investigativa deve ser feita pela perspectiva do observador, porque é ele quem distingue o fenômeno a partir de sua condição biológica, e não o fenômeno que se distingue permitindo acesso do observador.
- O estudante é um observador, um ser metacelular; que é dotado de sistema nervoso e possui uma organização autopoietica. Durante seu viver sua dinâmica interna e externa permite uma história de sucessivas mudanças (ontogenia) que influencia em sua constituição biológica e na práxis do viver.
- A constituição biológica do observador possibilitou a existência da linguagem e através delas a possibilidade de interação entre seres humanos.
- A explicação existe somente em uma interação humana na linguagem quando há aceitação de uma descrição a respeito de um fenômeno.
- A interação pela linguagem entre os seres humanos possibilitou um domínio de coordenações de coordenações de ações, onde surgem as condutas instintivas e as condutas aprendidas.
- A interação entre dois ou mais indivíduos que passam por mudanças mútuas em acoplamento estrutural configuram uma ontogenia coletiva (que acontece no ensino e na práxis do viver na sala de aula).
- A conservação das condutas ontogênicas de um grupo, quando observadas externamente é a cultura.
- As condutas consensuais possuem origem na biologia que constituem o observador.
- A intersecção entre condutas ontogênicas e condutas consensuais cria as condutas lingüísticas, onde a explicação pode ser validada.
- No domínio lingüístico acontecem os processos interacionais e deles dependem a explicação para ser aceita por uma comunidade de observadores.
- A explicação também depende da ontologia do indivíduo em sua constituição biológica, porque se muda a biologia, muda o observar, e é através dele que o observador valida a explicação.
- A ciência é conservada nas condutas ontogênicas, e depende da interação nas condutas lingüísticas para ser compreendida e ensinada.
- O domínio lingüístico é um conjunto de condutas (consensuais, ontogênicas e lingüísticas).

- Os fenômenos distinguidos pelo observador são reformulados na linguagem, mas não substituem o viver desse, tornado fundamental o fazer no processo de conhecer.
- A explicação só existe se o observador aceita a descrição do fenômeno como válido.

A *terceira condição*, que é a dedução de outros fenômenos a partir da descrição (condição primeira), corresponde à reflexão sobre os observadores externos a explicação quando realizam distinções no domínio linguístico considerem a existência de dois caminhos explicativos apontados por Maturana e Varela: um é o caminho da *objetividade sem parênteses*, e o outro o caminho da *objetividade entre parênteses*.

Optamos pelo caminho explicativo da *Objetividade entre parêntese*, onde deve ser considerada a constituição biológica do observador e o seu contexto do viver. Onde reconhecemos o observador como àquele que distingue a experiência do viver na linguagem. Desse modo, diferentes observadores, podem ter diferentes perspectivas sobre um fenômeno.

O conhecer está relacionado ao fazer, e ao mesmo tempo o fazer distingue aquilo que conhece de acordo com um domínio de observação. Domínios diferentes possuem fazeres e critérios de explicações diferentes. Na sala de aula, ensinar ciência necessita de um domínio comum aos estudantes e professor, para que o fazer seja congruente com o fazer científico.

A *quarta condição* que é a observação desses outros fenômenos foi apresentada no capítulo III, na realização da experiência, onde os estudantes elaboraram enunciados a partir da sua constituição biológica e cultural, como observadores de diferentes domínios e contextos, ressignificando a experiência do viver na linguagem através da observação de um fenômeno. A experiência vivida pelos estudantes passou a fazer parte de sua ontogenia.

Foi possível identificar a existência do fazer dos estudantes nos enunciados produzidos por estes, de maneira que as categorias identificadas permitiram uma reflexão sobre o contexto, e relacioná-lo ao fazer científico. Propomos um modelo dos processos de interação que justifica existência de elementos do contexto nas explicações aceitas pelos estudantes, e ao mesmo tempo, a existência das ciências de maneira descontextualizada, provoca por uma recursão na linguagem (processos interacionais terciários).

Por fim, o caminho da *objetividade entre parêntese* é uma alternativa para a compreensão dos estudantes como observadores que influenciam seu próprio fazer através da distinção na linguagem de fenômenos. No caso do ensino de ciências da natureza os fenômenos distinguidos podem ser relacionados e existir diretamente no fazer dos estudantes,

sendo que, esses ao construírem um domínio linguístico que inclua as ciências em um processo de recursão, ressignificam o seu fazer de acordo com o fazer científico dando sentido e validade ao ensino.

Ensinar ciências deveria permitir ressignificar o fazer do estudante em um convívio com conhecimentos, onde as perspectivas em relação aos fenômenos estudados possuam um caminho explicativo de acordo com a ontogenia de diversos cientistas ao longo da história da humanidade, e que a reflexão não exclua o observador de sua legitimidade enquanto ser humano biológico, que possui em seu fazer a possibilidade de distinção dos fenômenos que são estudados. Saber que uma explicação só existe se o observador a aceitar, traz uma nova perspectiva à atuação do professor na sala de aula, e ainda mais, para que ele consiga atuar de maneira contextualizada deve considerar a existência das condutas lingüísticas no domínio da linguagem.

Sabemos que a relação do professor com o estudante no ensino de ciências é planejada para que uma explicação seja aceita de acordo com o modelo científico. E que diversos fatores são determinantes na ontogenia (aspectos culturais) deles, inclusive elementos que envolvam a evolução da espécie humana e o modo como as sociedades se constituem. Tratar do ensino envolve entrar em um domínio educacional que possui novos elementos constituintes, onde há uma ação planejada para uma ontogenia coletiva. No entanto, esses temas demandam uma continuação na investigação, que deve ter um objetivo próprio para as perguntas que possam surgir.

REFERÊNCIAS

ARENDT, Hannah. **La condición humana**. Barcelona: Paidós, 2005.

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da linguagem: problemas fundamentais do método sociológico da linguagem**. Traducción de Michel Lahud y Yara Frateschi Vieira. 13 ed. Hucitec: São Paulo, 2006.

BATESON, Gregory. **Pasos hacia una ecología de la mente**. Buenos Aires: Editorial Lohlé-lumen, 1972.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas**. 4ª edição. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

BOGDAN, Robert C. & BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução de Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BRAIT, B (org.). **Bakhtin: conceitos chaves**. 3 ed. – Contexto: São Paulo, 2006.

CHAUÍ, Marilena. **Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles**. Volume 1. 2ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

CHOMSKY, Noam. **Language and problem of knowledge**. Revista The Nature of Language, 555 – 577, Madrid: Philophy of Language, 1986.

DAMASIO, António R. **E o cérebro criou o homem**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

DOLLE, Jean-Marie. **Princípios para uma pedagogia científica**. Porto Alegre: Penso, 2011.

DUTRA, Luiz H. de Araújo. **Introdução à epistemologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

FERNANDEZ, Isabel; GIL, Daniel e CACHAPUZ, Antônio. **Visiones deformadas de la ciência transmitida por la enseñanza**. Revista Enseñanza de las ciencias –Universidad Autonoma de Barcelona. Barcelona, edição 20 (3), 2002.

FIORIN, José Luiz. Linguagem e interdisciplinaridade. Revista Alea, Vol. 10, nº 1. Rio de Janeiro, p. 29 – 53. (2008).

FISCHER, Steven Roger. **Uma breve história da linguagem**. Tradução de Flávio Coimbra. São Paulo: Novo Século Editora, 2009.

HEISENBERG, Werner. **A ordenação da realidade (1942)**. Tradução Marco Antônio Casanova. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. 4ª edição. São Paulo: Perspectiva S.A., 1996.

LENT, Roberto (coord.). Neurociência da mente e do comportamento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LOSEE, John. **Introdução histórica à filosofia da ciência**. Borisas Cimblaris: tradução. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 2000.

MARTINS, Isabel; OGBORN, Jon & KRESS, Günter. **Explicando uma explicação**. In: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 1, nº 1. Universidade Federal de Minas Gerais, p. 1 - 14, 1999.

MATURANA R, Humberto. **A ontologia da realidade**./ Humberto Maturana, Cristina Magro, Miriam Graciano e Nelson Vaz: organizadores. 3ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002b.

_____. **Cognição, ciências e vida cotidiana**./ Humberto Maturana; organização e tradução Cristina Magro, Victor Paredes. 2ª reimpressão. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006.

MATURANA, H. R. **Autopoiesis, structural coupling and cognition: a history of these and other notions in the biology of cognition**. Cybernetics & human knowing, vol. 9, No.3-4, pp 5-34, 2002a.

MATURANA R., Humberto & VARELA J., Francisco. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do conhecimento humano**/ tradução Humberto Mariotti e Lia Diskin. 8ª edição. São Paulo: Palas Athenas, 2001.

_____. **De máquinas y seres vivos – autopoiesis, la organización de lo vivo**. Ed. Universitaria: Santiago de Chile, 1998.

_____. **El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano.** Santiago: Editora Universitária, 1984.

MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única.** 3ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

SAUSSURE, Ferdinand de. **Curso de lingüística geral.** Organizado por Charles Bally, Albert; com colaboração de Albert Riedlinger. Tradução de Antônio Chelini, José Paulo Paes, Izidoro Biklstein. 27ª edição. São Paulo: Cultrix, 2006.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO, São Paulo (Estado). **Proposta curricular do Estado de São Paulo: ciências da natureza e suas tecnologias.** Coordenação geral: Maria Inês Fini. São Paulo: SEE, 2009.

SILVEIRA, Luiz Carlos de L. **Os sentidos e a percepção.** In: LENT, Roberto. Neurociências da mente e do comportamento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

VASCONCELLOS, Maria J. Esteves de. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma das ciências.** 8ª edição. Campinas: Papirus Editora, 2009.

VILELA, Mariana Lima. **A biologia na sala de aula pelas escritas de professores em formação: um olhar de pesquisa sobre relatórios de prática de ensino.** In: SANDRA, Escovede S. [ET AL], organizadores. Uberlândia: EDUFU, 2009.

WHITE, Leslie A. **O conceito de cultura.** Tradução Teresa Dias Carneiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

WIESER, Wolfgang. **Organismos, estruturas e máquinas: para uma teoria dos organismo.** São Paulo: Editora Cultrix, 1979.

WILSON, Edward O. **Diversidade da vida.** Tradução de Carlos Alfonso Malferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

ANEXOS

Anexo I – Enunciados da experiência com estudantes – respostas a primeira pergunta.

Aula I

Pergunta: *A cor branca existe?*

Estudante 1 - Sim por causa dos efeitos do prisma.

Estudante 2 - Essa é uma pergunta complexa, nossos olhos têm a capacidade de captar tal cor em questão, porém a cor branca ou o branco é a mistura de todas as cores e não encontramos traços de outras cores a olho nu, porém podemos observá-las através do prisma.

Estudante 3 - Eu acho que é porque ela é a cor intermediária, porque sem ela não existisse todas as cores seriam muito escuras e tudo seria escuro, mas com o branco e o preto as cores tem equilíbrio entre as cores, sem equilíbrio dessas cores as outras cores não existiam.

Estudante 4 - É sim, existe porque? Porque se você junta todas as cores em um disco e girar ele bem rápido a cor branca aparece e por causa da cor branca as outras existem. Ex: vermelho, azul, laranja, etc. Se você pega um cristal e coloca na luz as cores aparecem.

Estudante 5 - Sim a cor branca é o tom mais claro de qualquer cor, mesmo as cores sendo misturadas, pode ser misturada a qualquer cor que dará branco, e por isso se considera-se cor neutra.

Estudante 6 - Sim, porque há várias coisas brancas no mundo, como por exemplo: o papel, a tinta, o quadro, a parede, camisetas, calças (roupas).

Estudante 7 - Eu acho que a cor branca existe sim, porque eu acho que se ela não existe outras cores. Por exemplo o branco é a base para existir. Em um prisma por exemplo a cor branca refletindo nele faz outras cores.

Estudante 8 - Não e sim ao mesmo tempo, não porque a cor branca é a sensação de várias cores refletindo no nosso olho causando a sensação de luz branca, e sim porque com essa sensação acabamos tendo a cor branca.

Estudante 9 - Creio eu, que sim. Ela surge com a junção de todas as cores. Apesar de o lápis de cor branco ser inútil... Bom, essa cor em todas as coisas e é uma opção de cor, então é uma cor.

Estudante 10 - Existe porque a cor branca (ou branco) faz ressaltar as cores e sempre estar em qualquer lugar.

Estudante 11 - Sim existe, a cor branca (o) é fruto de várias outras cores, tipo pegue um círculo coloque as cores do arco-íris e gire com uma alta velocidade as cores se “apagam” e vira branca(o).

Bom pelo menos eu acho isso nunca fiz esse experimento mas que esta é verdade.

Estudante 12 - Sim ela não é muito bem reconhecida mais, podemos ver o exemplo do prisma.

Se juntarmos todas as cores, iremos ter uma combinação ao girarmos o prisma e essa vai ser a famosa cor branca.

Estudante 13 - Não, eu acho que a cor branca não existe porque é uma junção de cores que ocorre nos nossos olhos.

Estudante 14 -Sim, porque branca e uma cor como as outras cores.

Estudante 15 - Existe porque se não, não teria infentado a folha branca, o giz, o lápis branco, etc.

Estudante 16 - Sim, Porque nos humanos ou contrario de alguns animais não enxergamos Branco ou qualquer outra cor, mas a cor branca existe porque é uma cor de paz, a cor que é mais visível, a cor também que mais fica preto quando passamos em algum lugar sujo, mas para mim a cor existe Porque, ela é a cor mais vizil e, é cor que o homem mais enxerga. Bom isso é minha teoria sobre porque a cor branca existe.

Estudante 17 - Sim, porque se existe outras cores porque a cor branca não existiria e também encheríamos a cor branca.

Estudante 18 - Sim, pois a cor branca está presente em vários momentos da vida, e em várias cores está presente, sem o branco não seria representado a paz. O branco traz harmonia em todos os momentos.

Estudante 19 - Bom, eu acho que existe. Não sei o porque mas eu acho a cor branca bem nítida e boa de se ver. Eu fico pensando as vezes se a cor branca é cinza bem claro ou outro nome ou se a cor “branca” tem outro nome, e enganaram a gente todo esse tempo.

Estudante 20 - Sim, porque o branco é a cor do olho, sem a cor branca a gente não ia diferenciar as coisas no escuro a gente não ia enxergar a gente não iria enxergar nada se não existisse o branco não iria ter paz, não iria existir o rosa e etc.

Estudante 21 - A cor branca é um tom muito claro e está presente em muito lugares do mundo, tanto na natureza como na tecnologia. Portanto o branco existe. (C)

Estudante 22 - Sim, porque o branco é a cor da paz e sem o branco não existiria porque o branco da vida as outras cores como o branco se mistura com o rosa fica beje. (C)

Estudante 23 - A cor inexistente é o transparente. O branco está presente em muitas coisas, folhas de papel, sapatos, roupas, tintas, esmaltes, porém não vemos matéria natural na cor branca, além do látex, matéria da borracha, por isso a cor branca é existente, pois está presente em muitos lugares.

Estudante 24 - Sim, porque se eu consigo ver, ela não existe pra mim. O branco é a mistura de todas as cores.

Estudante 25 - Sim existe, é a junção de cores claras que quando se misturam forma uma nova cor.

Estudante 26 - Eu acho que a cor branca existe, pois podemos vê-la nitidamente. Sem o branco não existiria o cinza (que é a mistura do preto com branco e nem muitas outras cores que se misturam com o branco).

Estudante 27 - Acho que sim, pois enxergamos a cor branca assim como todas as outras, o nosso cérebro processa “as imagens”, com a cor branca, e podemos enxergá-la.

Estudante 28 - Eu acho que existe porque ela é uma “cor” né? E se ela não existisse não seria uma cor, seria nada!

Estudante 29 - Creio que sim, é meio difícil e fácil de responder, nossos olhos tem uma grande capacidade de enxergar todas as cores do universo, mas eles podem estar se enganando. Os olhos podem estar vendo a cor branca, mais poderia ser outra cor.

Do mesmo jeito que eu posso ver “vermelho” mais é “verde”, o branco pode ilusão dos nossos olhos.

Estudante 30 - Eu acho que a cor branca existe porque se não houvesse a cor branca não ia ter muitas coisas no mundo as outras cores absorvem o branco e não deixa ela aparecer em nenhum momento pois nós já temos a prova, o papel que escrevemos.

Estudante 31 - Não fez.

Estudante 32 - Não fez

Estudante 33 - Não Fez

Estudante 34 - Sim, existe o branco e a cor da paz. Como casamento também usam cor branca, filhos são brancos. Branca é uma cor linda, além de suja muito, mas é uma cor que chama muita atenção

porque ela é uma cor iluminada, em qualquer lugar você ver a cor branca, entam digo que essa cor existe e que é uma cor normal da paz.

Estudante 35 - Sim, porque a cor branca não é transparente e nem uma coisa que nos não podemos ver, por exemplo: quando a luz branca do sol atinge um objeto branco, todos componentes coloridos são refletidos, a cor branca é uma cor clássica para mim ela é sim uma cor e é uma das mais importantes. Porque, a cor branca já virou habito pro ser humano, por exemplo: todo mundo fala braço preto, todo mundo veste branco e a cor da paz, da luz, do sussego e do bom, e Preta é a cor mais escura, a mais sombria a mais pesada. O branco é uma cor sim. Essa foi a minha opinião.

Estudante 36 - Sim, quando a luz branca do sol atinge um objeto branco todos os componentes coloridos são refletidos, chegam aos olhos das pessoas e portanto o objeto e visto com cor branca. Também tem as cores primarias com o vermelho, verde ou azul porque tem gente que tem o olho coloridos também vermelho se reflete a luz vermelha por isso que a cor branca existe. Exemplo tem uma parte do olho que é branca e outra é castanho claro.

Estudante 37 - Pra mim existe sim pois a cor branca é deste papel sem as linhas. Branco que da origem as cores claras e o branco as cores claras e preto ao contrário que faz com que as cores fiquem escuras. Ou só branco já é uma cor, bom na minha opinião existe sim porque não existiria existe sim porque existe preto, verde entre outros como também existe branco. Eu sei que quando a luz branco do sol atinge um objeto branco todos os componentes coloridos são refletidos chegam aos olhos da pessoa e portanto o objeto branco.

Estudante 38 - Sim a cor branca existe quando o sol reflete em alguma coisa a cor branca aparece. Como se reflete na parede fica uma branca. No carro a cor branca aparece e fica brilhando.

Estudante 39 - Sim existe, por exemplo: essa folha branca.

Estudante 40 - Sim porque a cor branca atinge um objeto branco que são refletidos que eles chegam ao olhos de uma pessoa e o objeto e visto como branco e alguma das cores que são presentes a cor branca se reflete a luz do sol e que algumas cores ficam presente na luz branca e que a cor branca vários resultados da mistura de cores que se reflete branco.

Estudante 41 - As cores se dividem nas 3 cores primarias que a luz branca é compôs essa cores são azul, verde e vermelho.

Estudante 42 a 54 - Não fez.

Estudante 55 - Sim porque quando as cores atingem nossos olhos a luz provoca sensação visual da luz branco então nossos olhos só vê a cor branca quando as outras cores batem na luz.

Estudante 56 - Sim, porque é uma forma de luz intensa que é a cor branca.

Estudante 57 - Não, porque em toda as luzes de carro ou lanterna a luz não completamente branca e meio amarelada ou transparente ou so uma luz clariante mas não branco, como o prisma ele é transparente e pra mim é impossível a transparente criar uma luz branca.

Estudante 58 - Pra muim existe. Porque eu vejo e toco na cor branco e uma cor muito clara poriso que existe ate no meu corpo tem branco. Se para uma pessoa branco não existe porque o preto vai existir?

Estudante 59 - Não, pois a ciência diz que não.

Estudante 60 - Sim, ela da numinidade no ambiente a cor branco se destaca em diferente de tipos cores e lugares. Mas pode ser que o branco seja uma cor que nos vemos mas pode ser que seja outra cor.

Estudante 61 - Na minha opinião existe, normalmente como todas as outras cores. Por isso podemos enxergar e diferenciar das outras cores. Como a sensação dos nossos olhos.

Estudante 62- Depende se você for pela sua própria visão, a cor branca existe. Mas se for pela ciência (pelo modo científico) a cor branca não existe, isto foi descobrido em 1966 pelo cientista inglês Isaac Newton, ele verificou que a luz branca proveniente do sol é, na realidade composta de luzes de várias cores, se todas essas cores atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca. Exemplo: se luzes de cores, azul ou verde os atingem semelhantemente isso já causa a sensação do branco.

Estudante 63 – Sim. Eu vejo a cor branca de varias formas em pinturas em cores e quando você utiliza um lápis branco em uma cartolina preta e lápis branco, logicamente o branco era destacado em várias formas, em até mesmo em outros objetos enfim, a para mim a cor branca existe.

Estudante 64 – A cor branca não existe porque com a mistura de cores a pupila faz que a gente enxergue o branco

As cores vermelha, verde e azul faz que com nós tenhamos uma sensação visual que fez com que nós enxergamos branco.

Estudante 65 – Sim, pois a luz se encaixa faz parte das outras cores. Passa uma cor que não é cor não conseguimos ver o olho nu como por exemplo o transparente ele não tem como se encaixar com as outras cores pois na maioria das vezes não conseguimos ver. Se colocar de uma lado transparente e de um lado branco so vamos conseguir ver o branco, então para mim para ser uma cor temos que conseguir ver.

Estudante 66 – Eu acredito que sim, se não nosso olhos não teria a sensação do branco e que não precisamos de outras cores para enxergar o branco. Na minha opinião branco existe como o preto são cores próprias não precisam se misturar com outras para dar outros tons.

Estudante 67 – Sim, porque a própria cor já vem no nosso cérebro, por exemplo, os animais só enxergam preto ou branco, ou seja o branco é a claridade alta, e o preto e a claridade baixa. Já os humanos enxergam colorido, isso possibilita perceber a diferença das cores, perceber se a cor é de alta

claridade ou de baixa. Existe um tipo de disco chamado “Disco de Newton”, é um disco, que quando o gira, fica totalmente branco.

Estudante 68 – Sim, é uma faixa de luz intensa.

Estudante 69 – Sim, porque eu enxergo a cor branca. Exemplo: Em uma cartolina preta em lápis ou uma caneta branca pega. A cor branca existe, o que não existe é transparente pois é impossível de ver. E se pegarmos uma folha transparente e colocar uma branca por baixa, mesmo por baixo a cor que vai da pra ver é o branco. Então o branco é uma cor, pois podemos enxerga-lo.

Estudante 70 – Eu acho que existe, pois mesmo a cor branca sendo uma mistura de cores, é diferente do azul, ou vermelho por exemplo. E eu enxergo essa cor diferente das outras facilmente.

Estudante 71 – Não, pois o branco é uma mistura das cores.

Estudante 72 – Ela não existe porque ela são mistura de cores pulpila são também mistura sensação visual as cores vermelhas verde e azul forma sensação visual branco mais ela não existe porque misturarão.

Estudante 73 – A cor branca não existe porque ela não e denominada uma cor e sima a mistura de todas as cores.

Estudante 74 – Sim, porque a maioria das folhas são brancas existe lápis de cor branca e os animais encheram preto e branco e também varias outras coisas com a cor branco como: tinta, animais com a cor branca, celulares, corretivo, tênis e quando a pessoa vai ficando mais velha o cabelo vai ficando branco.

Estudante 75 – Sim, existe a cor branco quando a gente usa na cartolina preta ai da pra ver que aparece o branco em uma cartolina branca ou em um papel já não parece ou em desenho não parece ai por isso que eu penso num papel preto a cor branca existe em um papel branco não existe.

Estudante 76 – Sim, pois pra mim a luz branca baseia-se nas outras cores. Mesmo que para muitos seja uma cor só pra mim é a junção de todas as outras cores.

Não só a luz branca, mas todas as outras cores para mim se formam através da luz e depende muito do lugar onde estamos.

Pode até ser que o branco na verdade seja transparente isso tudo depende da luz.

Estudante 77 – Nos olhos deve ter órgão que traduz para nós a cor branca, mas na minha opinião ela não existe é apenas uma ilusão de ótica.

Estudante 78 – Talvez para alguns cientistas ela existia ou não, para mim talvez sim não sei muito bem, mas eu encherço branco ou branca se essa for uma cor é uma coisa tão simples mas tão

complicada, é algo que tem em nossos olhos que capta e manda a imagem ao nosso cérebro é possível ou talvez que não exista.

Estudante 79 – Existe, como o meu professor disse que cientistas ingleses verificou que a luz branca proveniente do sol, na verdade, composta de luz branca passa por um prisma de vidro. Nessas condições ocorre a decomposição da luz nas várias cores do arco-íris. E as cores da decomposição da luz branca são: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul anil e violeta.

Estudante 80 – Talvez, porque nossos olhos tem uma parte branca, mas também tem a tinta branca, e é tudo químico, agora eu não sei se ela existe porque existe pessoas “brancas”. Eu acho que a cor branca é uma cor inventada.

Estudante 81 – Sim, porque vejo o branco em vários lugares. Tipo no papel, em roupas etc. A cor branca também da claridade em um ambiente, e quando fica junto com outra cor se destaca.

Anexo II –Enunciados da experiência com estudantes – respostas a segunda pergunta.

Aula II

Pergunta: A sensação da cor branca existe?

Estudante 2 – Sim, na minha opinião, conseguimos obter sensação com a mistura de várias cores. Ela é interpretada pelo cérebro, porém, identificada por nossa visão.

Podemos sentir essa sensação várias vezes, já que o branco absorve cores claras.

A cor preta é exatamente o contrário, ela não absorve as cores e sim sobrepõe as cores, deixando em destaque, sem ter que decompor com a cor branca. Podemos identificar as cores que formam a sensação branca através de muitas coisas, uma delas é o prisma, porém não é a única, podemos fazer experiências com o papel celofane e sobrepor um sobre o outro para formar novas cores, porém mesmo assim, precisamos do escuro e da luz branca pra identifica-las e conseguimos identificar a sensação da cor branca.

Estudante 5 – Sim, a sensação da cor branca existe, mas isso por caísa, precisamos enxergar a cor branca de uma fonte luminosa, como por exemplo o sol, a chama de uma vela, a luz de uma lâmpada.

A luz branca na realidade ela é composta de luzes de várias cores, um exemplo, para verificar isso é direcionar a luz diante de uma lupa ou um prisma de vidro. Onde ela se decompõem nas cores do arco-iris e também apesar de todos acharem que o arco-iris tenha somente 7 cores, na realidade existe várias tonalidades.

Basicamente as tonalidades chegam ao olho humano e dá a sensação da luz branca, é onde o cérebro aparece, e de fato ele completa a imagem com a cor branca.

Estudante 6 – Sim, isso ocorre quando varias cores atingem os olhos, ai se tem a sensação de luz branca, que é interpretada pelo cérebro. Um exemplo é se colocarmos a luz branca (que se propaga em linha reta) para atravessar um prisma, irá formar várias outras cores (7) e se, essas cores atingirem nosso olhos temos a sensação de luz branca. Em sala de aula fizemos algumas experiências que vou utilizar a seguir: em uma sala escura fizemos a luz branca atravessar uma lupa e “miramos” em cima da parede branca, e se formaram as três cores primárias: vermelho, azul e verde (que tem o maior comprimento de ondas). Usamos como fonte de luz uma lâmpada led. Colocamos a luz branca e “miramos” em uma folha vermelha. O que aconteceu? O papel vermelho refletiu a luz branca. Mas mudamos a luz para a cor azul, e o papel vermelho absorve a luz. Isso acontece com todas as cores, exeto a branca e a vermelha (no caso de o papel ser vermelho). Isso depende da cor do papel se for verde, so refletira a luz branca e a verde e a mesma coisa com outras cores do papel.

Estudante 7 – Como nos vimos na aula são cores primárias que todos nos enxergamos e as cores secundárias são quando as cores primárias se juntam. E, quando elas se juntam dá a impressão que enxergamos branco.

Estudante 8 – sim, a sensação da cor branca existe, porque a luz branca é composta por três outras cores essenciais: vermelho, azul e verde. E isso pode ser percebido colocando a luz branca para atravessar um prisma de vidro e vera que ela se propaga em várias outras cores, isso também pode ser percebido quando os raios de luz refletem em uma gotícula de água e forma o arco-iris.

E quando todas essas cores atingem o olho no causam a sensação de luz branca que é interpretação pelo cérebro.

Então podemos dizer que sim, que a sensação da luz branca existe.

Aluna 9 – Creio eu que sim. É possível ver a luz branca da lâmpada tanto na folha branca (que absorve a luz) como na folha preta (que não absorve e deixa a luz sem brilho). A cor branca, ou melhor, cores claras, absorvem a luz e o brilho e refletem claridades, por isso recomendamos que os cômodos dos locais tenham paredes de cores claras, para a luz branca ser absorvida. Se as paredes forem de cor escura a luz não será absorvida e não refletirá, deixando o cômodo escuro, como na experiência com o papel preto.

Nosso olho identifica as cores por sensações enviadas ao cérebro, conseguimos enxergar a cor branca. A cor branca é gerada com a junção de todas as cores, Se a luz branca da lâmpada atravessar uma lupa, por exemplo, gerará um arco-íris. E no centro conterà três cores primárias azul, verde e vermelho.

Estudante 10 – existe sim, a sensação da cor branca quase sempre esta em todo lugar se você coloca uma cor verde ou qualquer cor abaixo de uma lâmpada essa cor é mais clara em outros casos a luz branca é diferente quando coloca a lâmpada acima de uma cartolina branca, fica sem brilho. A luz branca provavelmente do sol, é na realidade composta de luzes de várias cores. Isso se percebe quando uma luz branca passa por um prisma de vidro e também ocorre a decomposição da luz branca nas cores que formam o Arco-íris, ele tem vários tons de cores, quando tem várias cores que atingem o olho da pessoa humana, elas provocam a sensação da luz branca, a sensação visual e do fato interpretada pelo nosso cérebro que nos ajuda a ter a sensação da cor branca.

Estudante 12 – A cor branca existe sim, porque juntamos várias cores em um só e giramos temos a sensação da cor branca.

Isso pode ser percebido quando a luz branca passa por um prisma de vidro. Embora popularmente se diga que o arco-íris tem 7 cores, ele possui vários tons de cores.

Quando vários tipos de cores diferentes atingem o nosso olho elas provocam a sensação visual da luz branca.

Obs: a sensação visual é de fato interpretada pelo cérebro.

Outro exemplo é quando a luz branca reflete no prisma ele automaticamente reflete sete tipos de cores, que são: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil, violeta. Que quando atingem o olho humano nos dá a sensação da luz branca.

Estudante 11 – A ciência é explicar a realidade que vemos. Bom a sensação da cor branca existe por causa dos nossos olhos, na verdade também de nosso cérebro. Bom eu posso dizer que a nossa visão enxerga essa “cor branca” por causa que as cores primárias juntando-se podem se misturar e fazer outra cor e as três cores primárias: Vermelho, Verde e azul, e as três juntas nossos olhos e o nosso cérebro interpreta que existe a cor branca mas ninguém sabe se existe mesmo porque se nos tirarmos um dessas cores não iria ter, o branco ou melhor a sensação da cor branca, isso é uma sensação do nosso cérebro porque as outras cores também podem ser uma interpretação. Já pensou se nos não tivéssemos uma das cores primárias no nosso olho, nos não iríamos incherger metade das cores que nos mesmo enxergamos, igal as abelhas que enxergam a cor UV, já pensou nosso mundo seria muito diferente, então eu resumi tudo aqui no final. Sim a sensação da cor branca existe. Fim.

Estudante 13 – sim, a junção das cores primarias em nossos olhos dá a impressão que estamos enxergando a cor branca.

Estudante 16 – Bom a sensação da cor branca existe sim porque é a mistura de várias cores.

Principalmente quando se forma o arco-íris por causa da ilusão do cérebro. Mas como eu disse, já fiz alguma experiência que mostra a ilusão que a cor branca é absorvida pelas cores claras e pelas cores mais escuras ela desaparece e também existe outro fato que comprova a sensação da existência da cor branca a lâmpada é uma fonte de luz que é branca.

E provar a existência da cor branca é essencial a existência de cores primarias que são essas: vermelho, azul e amarelo

Essas cores são muito essenciais para a cor branca existência, mas voltando ao assunto do arco-íris quando a luz branca passa por um cristal de vidro varias modificações acontecem a decomposição da

luz branca nas varias tipos de cores que acontece a formação do arcoiris, e assim para dizer que existe a cor branca.

Estudante 18 – Como vimos nas aulas anteriores sobre as cores primarias e secundarias. Durante 5 dias tivemos varias experiências para comprovar se a cor branca realmente existe.

A sensação é uma experiência que a ciência estuda vários experimentos.

A cor branca é composta de varias cores, mas não vemos essas cores, podemos ver pelo prisma como por exemplo o arco Iris, isso ocorre pela decomposição de luz branca em varias cores. A cor branca absorve mais luz, já a cor preta retém mas raio de luz.

A sensação das cores primarias da a sensação que estamos vemos a cor branca.

A cor vermelha absorve a cor verde quando o raio de luz vermelho passa pela lente, elas ficam mais fortes, escuros, elas se diferenciam em tons da mesma cor.

O papel verde passa pelo branco quem ele absorve e reflete, quando reflete a luz verde e absorve outras cores.

Quando estamos no escuro não identificamos os objetos pois não tem luz para refleti.

Então durante essas expetirências pude notar a cor branca é uma sensação.

Estudante 19 – Sim, essa cor existe. O que eu lembro, foi que Isaac Newton descobriu que ela é composta por várias cores. A cor branca absorve mais luz já a cor preta absorve mais raios de luz. O raio de luz refletindo em uma cartolina branca absorve mais ludo do que qualquer outra cor.

Estudante 20 – Eu acho que sim, a luz braça é a mistura de varias cores juntas por isso quando ela pssa pelo prisma a gente vê varias cores como se fosse um arco-iris.

Estudante 21 – A cor branca, está em todos os lugares, principalmente na natureza, mas ela é uma cor como qualquer outra ou é apenas uma sensação da cor branca?

Para mim a cor branca é apenas uma reação do nosso cérebro que causa a sensação da cor branca.

Sensação causada pela mistura das cores primarias que resultam na cor branca. As cores azul, vermelha e verde, verde que tem o maior comprimento de onda de luz.

Se a luz branca atravessar um prisma ela vai ser decomposta em sete cores, as típicas cores do arco-iris, e se o prisma for girado vai dar a sensação da cor branca.

Estudante 22 – Sim, a luz branca que nós vemos é na verdade composta por várias cores, o arco íris, que não é composto só por 7 cores, possui vários tons.

Em algumas aulas vimos que a cor branca absorve mais luz e a preta retém mais raio de luz.

Quando as cores primárias passam por uma lente elas se refletem em vários tons de cores. Se colocamos o papel verde sobre a luz branca vai refletir luz verde e absorver outras cores (primárias e secundárias). No escuro não identificamos os objetos pois não tem luz para refletir.

Estudante 23 – A sensação é existente. Temos como ver centas de cores, mas também temos a sensação de várias delas, como o branco e o preto, que não passam de reflexos, fazendo com que as cores pareçam existentes.

Se colocarmos a sensação da cor branca, uma luz, em qualquer superfície de outra cor, teremos o reflexo da cor da base.

Se passarmos um raio de luz branca teremos o efeito de ver todas as cores primarias em círculos.

A cor branca, ou sensação, é a junção de todas as cores primárias dando o efeito.

Vemos a “cor” branca em vários locais, por isso achamos que ela é uma cor, não apenas uma sensação.

Na experiência feita para refletir as cores primarias, usamos uma lupa e após o raio a cruzar, tivemos um efeito impressionante, as cores separadas, em tons nítidos e claros, nos causando sensações incríveis e resultados fantásticos, a prova que a cor branca não passa de uma sensação.

Estudante 26 – Acho que sim, uma cientista comprovou que a sensação de cor branca existe. Através de um prisma, refletido na luz do sol é possível ver diferentes tons de cores, como as do arco-iris.

Ou também quando temos uma cartolina ou qualquer outro objeto na cor branca e refletimos ele através de uma luz colorida, podemos observar que a cartolina branca absorve mais do que qualquer outra cor não importa que cor o raio esteja refletindo.

Um raio de luz branca, quando é direcionando a uma lente fica refletindo as cores primarias e as secundarias.

Estudante 28 – Eu acho que sim, a cor branca é composta por varias cores, você percebe isso quando ela passa por um prisma de vidro que forma um arco-iris. Quando varias cores atingem o olho humano elas provocam a sensação de cor branca. E quando coloca uma cartolina branca e uma luz vermelha ou verde, azul ou amarelo a cartolina absorve a cor vermelho ou verde, azul ou amarelo, já com a cartolina preta ela retém os raios de luz. Os raios de luz se propagam em linha reta.

Estudante 29 – Eu creio que é possível sim a sensação da cor branca existir. Durante esses 6 dias vimos que é possível sim obter as cores, nosso cérebro interpreta a cor que nos vemos. Com a ajuda da cor preta que absorve a cor mais clara, conseguimos ver o branco ou as cores primarias pois a cor preto é a ausência de cores. Por isso as pessoas pedem para colocar cores claras em seus cômodos da casa pois a luz branca reflete nas cores claras deixando a casa com mais claridade (c/ mais vida), ao contrário das cores escuras que quando refletidas viram deixar o cômodo mais opaco. Como na nossa experiência, quando a luz branca reflete nos papeis de cores primarias elas não mudam, mas se a cor vermelha ficar em cima do papel de cor azul e verde, a cor muda p/ o preto. No meu conceito a sensação da cor branca existe sim, com a ajuda dos nossos olhos, que mandam a sensação de cor para o nosso cérebro que consegue identificar o branco.

Estudante 34 – Na minha opinião, eu acho um que a cor branca existe. A sensação é boa, não é ruim, apesar de ser a cor da página combina com varias cor, de acordo que em quase todo lugar tem cor branca. Formando a cor que, recai e vermelho forma a cor branca. Sei que a cor branca tem varia forma como lâmpada fluorescente tem também, leite. Estudante 35 – Sim, a luz branca tem várias sensações, não é só por a luz branca é composta pelas cores primarias que são: vermelho, azul e verde. Que ela não tem nenhuma sensação, por ex: Se você colocar uma lâmpada branca e colocar uma lupa na frente você vê as cores primarias mas se você mistura essas cores nos temos as cores secundarias que são: magenta, oceano e amarelo. As sensações da cor branca as vezes nos deixa enxergar (pela luz ser tão forte), mas também com ela podemos enxergar bem melhor ao nosso redor. As sensações quando nos olhamos para o sol a luz nos deixa fraco da vista e quando estamos em algum lugar escuro ela nos ilumina, mas a cor ou a luz branca não pode passar pela cor preta por ex: A cor preta não permite nenhum raio de luz o ultrapassar, por exemplo se você colocar uma cartolina (preta) em uma lâmpada o raio da luz branca não ultrapassa a cartolina preta, por isso a cor não deixa nenhuma cor ultrapassar., essa sensação da cor branca.

Estudante 36 – Eu acho que sim porque quando a luz do sol branca atinge qualquer componente ele reflete luminosidade por isso, que eu acho que existe. Quando a gente bota uma luz branca reflete as cores vermelhas, verde e azul, e outro tipo de cores e elas são compostas de varias cores. E também através da cor branca pode existir as cores secundarias são amarelo, ciano e magenta, por isso que a luz branca existe para ter vários tipos de cores e de combinação... Na luz branca ele será visto com a cor que reflete ou com a cor resultante da mistura de cores que reflete.

Estudante 37 – A sensação da cor branca é que não tem cor nenhuma, mais tem varias cores que quando se juntam formam a cor branca por exemplo: se você roda a parte de trás de um cd as cores que tem ficam brancas.

Estudante 40 – sim, porque a sensação da cor branca não é necessário que todas as cores do arco-iris atinjam nossos olhos. Se luzes de cores vermelha, azul e verde os atingem simultaneamente, isso já será suficiente para causar a sensação de cor branca. Ex: sensação de cor branca: vermelho, azul e verde.

Quando duas dessas três luzes coloridas. Tipo: azul, vermelha e azul elas atingem simultaneamente o olho humano, elas causam a sensação curiosamente elas não são iguais aquelas que são provocadas pelas luzes.

Estudante 56 – A sensação da cor branca existe?... E acho que a sensação da cor branca existe sim! Por que quem capta essa sensação de cor branca é o cérebro. Por exemplo se eu comer uma pedaço de queijo eu um pudim quem capta a sensação de cor é o nosso cérebro. Então a cor branca parece ser visível a olhos nu, mas a cor branca é a mistura de vermelho, verde e azul. Mas a sensação que dá é a cor branca a olho visível. Mas o que realmente faz você pensar que existe a cor branca mesmo não é os olhos com que você vê, na verdade é o seu cérebro que transmite essa sensação de cor branca e o nosso cérebro

Estudante 58 – A cor branca não existe ele é formado pela as outras cores que refletem e ficam branco então a cor branca não tem vida e as outras cores fortalecem ele que são as cores verde, vermelho e azul e se a pessoa for olhar de longe não percebe que são verde, vermelho, e azul mais se olhar de perto da pra ver que são coloridas no branco. E também tem o cubo de vidro e você coloca ele no sol e reflete e fica de várias cores e é o arco-íris que faz a distinção da cor branca. Quando a gente vê uma cor branca e primeira coisa a captar o cérebro. E a luz branca não é conveniente no sol.

Estudante 60 – a sensação da luz branca e de um ambiente claro e de luminosidade. A cor branca é formada pelas cores primarias azul, verde e vermelha e também pelas cores secundarias amarelo, ciano e magenta. E as cores primarias formam as cores do nosso televisor (TV) E com a cor branca podemos formar as cores primarias e as cores secundarias e com as primarias e as secundarias podemos formar a cor branca.

Estudante 62 – A sensação da luz branca existe sim, podemos confirmar isso explicando o seguinte, quando algumas cores (como vermelho, azul e verde) atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca. No nosso cérebro há células que captam a luz e enviam estímulos ao cérebro que os interpreta compondo as imagens e as cores dos objetos que vemos. Há também dois tipos básicos destas células: um deles é os bastonetes que não conseguem distinguir cores apenas a claridade, mesmo que essa quantidade de luz seja pequena. A outra é as cores que por outro lado funcionam quando há claridade mais intensa. Existem três variedades destas células, os cones sensíveis a luz vermelha, os cones sensíveis a luz verde e os cones sensíveis a luz azul. Seu processo funciona da seguinte forma: o raio da fonte de luz passa pelo objeto, e vai parar no nosso olho, que passa pela retina, pelo nervo óptico, e pelo _____, até chegar ao nosso cérebro que processa as cores e imagens que nós vemos.

Estudante 64 – A sensação da cor branca existe porque a cor branca não existe e a cor branca é a mistura de 3 cores azul, verde e vermelho e a visão faz parecer que existe a cor branca mas na realidade não existe. A visão funciona quando nós enxergamos alguma coisa entra no par de córneas e transfere a imagem da ponta da cabeça e quando passa por um lugar a imagem é transformada do lado certo. Exemplo: Quando colocamos uma luminária em direção de uma superfície com uma cor branca, basta colocar uma lupa na luz que observamos na superfície que um círculo que dentro observamos 3 cores, azul, verde e vermelho.

Estudante 67 – A sensação da cor branca existe sim, por causa do sentido da visão. Que transmite a “sensação” ou a cor para o nosso cérebro, e que para isso acontecer os raios de luz passam pelo nosso olho, e que passam pelo nervo óptico, que é basicamente o caminho que liga a visão e o cérebro. Para

ter a sensação visual, não precisa de todas as cores do arco-íris, e sim as três cores primárias: verde, vermelho e azul; com essas três cores dá a sensação do branco. Com as cores primárias podemos formar outras três cores: ciano, magenta e amarelo. Quando falamos de cores, vem na cabeça a experiência do prisma, que quando um prisma é colocado em um raio de luz, ela reflete a luz, mas a divide em várias cores, ou seja, as cores do arco-íris. Ou mesmo com a mangueira d'água, podemos fazer o mesmo efeito. A cor preta só existe porque ela absorve os raios de luz.

Aluna 70 – Existe, e como o vermelho dá a sensação de calor, o azul a sensação de úmido, e verde a sensação “tropical” a cor branca dá uma sensação diferente, de frio, de espaço.

A cor branca é a mistura das cores primárias, as cores primárias são a mistura das cores secundárias, as secundárias a mistura das cores terciárias, e assim por diante, e a sensação da cor branca é a mistura da sensação de todas as cores.

A sensação da cor branca é percebida pelos raios de luz captados pelos meus olhos e meu cérebro as interpreta como a cor mais clara.

Estudante 72 – A sensação da cor branca existe ela é formada pelas cores primárias verde, vermelho e azul que se junta secundárias como ciano, magenta e amarelo. Elas se funde e são transmitidas pelo nervo óptico que vai até o cérebro, quando coloca uma luminária e colocamos na luz elas forma as cores primárias.

O nosso olho é formado por nervos ópticos lente que reflete e vai até o cérebro que capta as imagens e ele estava reproduzindo.

Estudante 73 – Sim, para se ter a sensação da cor branca não é preciso ter a mistura de todas as cores, porque a cor branca é uma cor que reflete a luz.

A cor branca também é uma cor que pode se obter com a junção de todas as cores do arco-íris: Azul, vermelho, verde, amarelo, laranja, rosa, roxo. Com a junção dessas cores.

A luz branca não é proveniente do sol e sim das 7 cores do arco-íris.

A luz branca quando é colocada na direção de um prisma se divide nas 7 cores que a produzem.

Estudante 74 – Sim existe, para mim a luz branca causa dores ao olhos pois é a mesma coisa de nós olharmos ao sol não conseguimos ver nada, na verdade nós nem olhamos diretamente ao sol pois a luz é muito forte ao seu redor, e se olhamos ao determinado ponto ficamos até com dor na cabeça por causa da luz forte que está ao seu redor, Ao tocar os olhos seus raios em um espelho e direcionarmos ao olho de alguém pode até cegalo.

Essa cor branca acho que vem do sol que sempre que olhamos para o sol vimos a cor branca, e a cor branca existe em cada cor existente, todas as cores tem branco, Mas só conseguimos ver a cor branca por causa da captação do nosso cérebro, ele quem identifica a cor branca processando pelo nosso olho e chega até o cérebro, que vê o raio da luz branca que são captados dos raios da luz que vem do sol.

Estudante 75 – Não tem como ver nada só uma luz muito forte e como se fosse olhar pro sol você não vê nada porque ela é muito forte,

Não concordo com a luz branca não existe só tem o reflexo com o celofane com ele ou a gente vê os reflexos de muda de cor. A luz é captada pelo cérebro que até chegar no cérebro e passada pelo olho pela retina, o branco está em todas as cores principalmente nas primárias que vem depois do branco o branco é detectado pelo nosso cérebro.

Estudante 76 – Sim, a luz branca não é proveniente do sol, é na verdade composta por sete cores: vermelho, azul, verde, amarelo, violeta e anil;

Apesar de ela ter a composição das cores do arco-íris, a luz possui vários tons, quando todas essas cores atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca.

Mas para ter a sensação visual do branco não é necessário que todas as cores do arco-íris atinjam os nossos olhos.

Se as luzes da cor vermelha, azul ou verde atingem a nossa visão, isso já causa a sensação branca. Se ela passar pelo um prisma ela se divide em sete cores.

Estudante 78 – Apenas três cores vermelha, verde e azul, se juntarem estas cores em um só ponto você verá o branco, com apenas três cores você pode fazer várias cores, nossos olhos têm células que captam o que nos vemos mandando os sinais e imagens ao cérebro.

Só precisamos das sensações das cores vermelha, verde e azul para ter a sensação do branco. Com as cores distinguimos várias cores, e com os bastonetes a claridade que são muito necessárias na nossa visão.

Então sim existe a sensação da cor branca.

Estudante 79 – A sensação visual branca sim, existe por que para se ter a sensação visual do branco não é necessário que todas as cores do arco-íris atinjam nossos olhos. Se a luz de cores vermelha, azul e verde os atingirem simultaneamente isso já causa uma sensação do branco.

Em 1666 o cientista inglês Isaac Newton verificou que a luz branca proveniente do sol e na realidade, composta de luz branca passa por um prisma... Nessas condições ocorre a decomposição da luz nas várias cores do arco-íris.

Apesar de ter distintamente sete cores a decomposição da luz possui vários destes quando todas essas cores atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca. Para mim existe a sensação visual branca porque os cientistas ingleses aprovaram que a luz branca é proveniente do sol.

Estudante 80 – Dentro do nosso olho há células que captam a luz e enviam estímulos ao cérebro, que os emite compondo as imagens e as cores dos objetos que vemos;

A luz e as manifestações associadas a ela, como a sombra, as cores dos objetos e as imagens produzidas pelo espelho. Pelas lentes são estudadas por uma área da ciência denominada óptica; Na escuridão total não é possível enxergar objetos que não emitem a luz, como por exemplo um lápis, uma lâmpada apagada, só podemos vê-los se tiverem com raios de luz.

Os raios de luz de uma fonte luminosa interfere na programação dos raios de outra fonte luminosa, ainda que eles se encontrem no caminho, isso é conhecido como princípio de independência do raio de luz.

As cores também só funcionam quando há claridade mais intensa.

Estudante 81 – Sim. Apesar distintamente sete cores, a decomposição da luz vários tons destes. Quando todas essas cores atingem simultaneamente o olho humano, elas provocam a sensação visual da luz branca.

Se as luzes de cores vermelha, azul ou verde, atingirem o olho simultaneamente, isso já causa a sensação do branco.

Para a gente enxergar precisamos de luz. Quando vemos alguma coisa com o nosso olho ele processa para o cérebro.

Anexo III – Autorização para realização da experiência

Universidade de São Paulo – USP

Programa Interunidades em Ensino de Ciências

Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Ensino de Ciências

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Autorizamos o Pesquisador e Mestrando do Programa Interunidades em Ensino de Ciências (GPEEC) **Herbert Gomes da Silva - nº USP 7410981**, a realizar pesquisa e utilizar os dados obtidos para divulgação científica, publicação, seminários, artigos e outras atividades de natureza científica, respeitando a integridade moral e ética da unidade de ensino Escola Estadual Casimiro de Abreu e mantendo sigilo quanto à identidade individual de cada aluno, assegurando o uso somente para os fins citados nesta autorização.

Data de realização da pesquisa: Outubro de 2011

Classe de aula alvo: 9º ano A, 9º ano B e 9º ano C.

São Paulo, 29 de novembro de 2011.

Assinatura do pesquisador – Herbert Gomes da Silva

Assinatura da diretora – Iracema da Concelção Soares Rodrigues Siqueira

FEUSP