



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS
CIÊNCIAS

CAIO DE SOUZA SILVA

“PROFESSOR, O QUE SÃO ESSES TRAÇOS NO QUADRO?”:
PRINCÍPIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS PARA O ENSINO DE REPRESENTAÇÕES
ESTRUTURAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Salvador

2021

CAIO DE SOUZA SILVA

**“PROFESSOR, O QUE SÃO ESSES TRAÇOS NO QUADRO?”:
PRINCÍPIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS PARA O ENSINO DE REPRESENTAÇÕES
ESTRUTURAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para a defesa de dissertação no grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Hélio da Silva Messeder Neto

Salvador

2021

Silva, Caio de Souza.

“Professor, o que são esses traços no quadro?” : princípios histórico-críticos para o ensino de representações estruturais de compostos orgânicos / Caio de Souza Silva. - 2021.

188 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Hélio da Silva Messeder Neto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2021.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

1. Química orgânica - Estudo e ensino. 2. Compostos orgânicos. 3. Didática. 4. Pedagogia crítica. 5. Psicologia sócio-histórica. I. Messeder Neto, Hélio da Silva. II. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDD 547 - 23. ed.



Universidade Federal da Bahia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC)**

ATA Nº 5

Ata da sessão pública do Colegiado do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC), realizada em 23/03/2021 para procedimento de defesa da Dissertação de Mestrado EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS no. 05/21, área de concentração Educação Científica e Formação de Professores, do(a) candidato(a) CAIO DE SOUZA SILVA, de matrícula 218123373, intitulada Professor, o que são esses traços no quadro?: princípios histórico-críticos para o ensino de representações estruturais de compostos orgânicos.. Às 09:00 do citado dia, <https://conferenciaweb.rnp.br/events/defesa-de-mestrado-de-caio-silva>, foi aberta a sessão pelo(a) presidente da banca examinadora Prof. Dr. HELIO DA SILVA MESSEDER NETO, Prof. JOSE LUIS DE PAULA BARROS SILVA e Prof. Dra. LUCIANA MASSI. Em seguida foram esclarecidos os procedimentos pelo(a) presidente que passou a palavra ao(à) examinado(a) para apresentação do trabalho de Mestrado. Ao final da apresentação, passou-se à arguição por parte da banca, a qual, em seguida, reuniu-se para a elaboração do parecer. No seu retorno, foi lido o parecer final a respeito do trabalho apresentado pelo(a) candidato(a), tendo a banca examinadora aprovado o trabalho apresentado, sendo esta aprovação um requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre. Em seguida, nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão pelo(a) presidente da banca, tendo sido, logo a seguir, lavrada a presente ata, abaixo assinada por todos os membros da banca.

Luciana Massi

Dra. LUCIANA MASSI, UNESP

Examinador(a) Externo(a) à Instituição

Helio da Silva Messeder Neto

Dr. HELIO DA SILVA MESSEDER NETO, UFBA

Examinador(a) Interno(a)

Jose Luis de Paula Barros Silva

JOSE LUIS DE PAULA BARROS SILVA, UFBA

Examinador(a) Interno(a)

Caio de Souza Silva

CAIO DE SOUZA SILVA

Mestrando(a)

*Àqueles que ousam lutar por uma educação
humanizadora e revolucionária.*

AGRADECIMENTOS

Chegar à escrita dos agradecimentos é o momento em que fazemos uma retrospectiva e percebemos que, para além de uma pesquisa, há um pesquisador concreto que se faz dentro de relações sociais – a base de todo o processo. Relações que podem estar ligadas desde o estudo coletivo específico sobre o objeto de pesquisa, ou um bate papo aleatório, regado à boa música e geladas, perpassando por abraços que confortam nos momentos de tristeza e que celebram em momentos de alegria. Tudo isso foi determinante para me constituir como a pessoa que se encontra ao final desse processo. Nesse sentido, certo da importância de todas e todos que contribuíram direta e indiretamente para minha formação (e que não esteja esquecendo ninguém), meus agradecimentos vão:

- À minha mãe, Mariêta F. de S. Silva, por ser um exemplo de ser humano, de mulher, de sabedoria, de calma, de guerreira. Foi com ela que eu aprendi, pela primeira vez, a importância da linguagem e do discurso, pois “tudo é uma questão de como se fala”. Foi ela quem me ensinou valores de humanidade, de coletividade, de bondade e de se doar por aqueles que amamos. Também agradeço pelos conselhos e por me amparar nos momentos mais difíceis da vida.

- Ao meu pai, Juvênio de J. Silva, por ser esse paizão que sempre está pronto para atender as demandas da família, mesmo quando, às vezes, não parece estar ao seu alcance. Foi ele, com seu jeito reservado, porém bem comunicativo, quem me ensinou que: antes de falar qualquer coisa, escute. E que o mundo e as pessoas são muito mais do que aquilo que se mostram na aparência, por isso sempre “tenha cuidado por onde anda, com o que faz e com quem anda”.

Juntos, eles foram meus maiores incentivadores; acreditaram em meus sonhos e objetivos. Foram eles os primeiros a me formarem sobre a importância da educação, como um dos aspectos da realidade capaz de transformação individual e social.

- Aos meus irmãos: Cleber Silva, por ser esse grande parceiro de conversas, devaneios, de auxiliar na leitura e no entendimento desse mundo caótico, de vida, como um todo; e Caíque Silva, pois, apesar de ser o mais novo, sempre me aconselha e me faz acreditar que eu sempre posso ser melhor do que sou hoje; além de ser minha parceria de toda hora. Eles são meus melhores amigos!

- Aos meus familiares, como um todo; tias e tios, primas e primos, pois só quem conhece nossa família sabe que “tudo que nós tem, é nós”.

- Ao meu orientador, professor Hélio da S. Messeder Neto, por ser um cara inspirador. Ele é um exemplo de professor, camarada, orientador, pesquisador e entre outros elementos, os quais caracterizam a sua existência com um ser humano único e brilhante. Gostaria de agradecer pela sensibilidade que sempre demonstra ao exercer o seu papel profissional. Por me enxergar para além de um mero orientando de mestrado, mas como um indivíduo concreto. Por ser paciente (até demais) quando a minha falta de disciplina atrasava os prazos. Por enxergar e me aclarar, inúmeras vezes, do potencial que eu poderia desenvolver. Pela partilha de conhecimento, pelos ensinamentos e pelas reflexões proporcionadas. O resultado dessa pesquisa é fruto de um trabalho cuidadoso e atencioso desse orientador genial.

- À minha galera do grupo de pesquisa ENCONCIÊNCIAS, pelos momentos de descontração ou os que exigiam seriedade em discussões profundas, ou tudo ao mesmo tempo, e por tornarem os estudos filosóficos mais divertidos. Além de proporcionarem uma contribuição ímpar ao meu desenvolvimento de trabalho coletivo. Sigamos sempre nesse caminho de muita luta por uma educação revolucionária; avante, meus camaradas! Sem vocês (Alexandre Barbosa, Carol Moura, Helen Messeder, Igor Oliveira, Ingrid Andrade, Izadora Pires, Lorena Souza, Maísa Tavares, Meire Costa, Pedro Magalhães e Victor Ferreira) nada disso seria possível. Destaco os agradecimentos à minha dinda e parceira, Helen Messeder, por me acolher e sempre se disponibilizar a ajudar, com muito carinho e resenha, desde quando ingressei no mestrado.

- Aos membros da banca, professor José Luís Silva e professora Luciana Massi, pelas críticas e considerações pertinentes que me fizeram refletir sobre o objeto de pesquisa e avançar no desenvolvimento deste trabalho de forma mais clara.

- À minha companheira, namorada, amiga e confidente, Karina Moura, por estar sempre ao meu lado, não só nos momentos de alegria e felicidade, mas, principalmente, naqueles de tristeza, estresse, surto, preocupação e ansiedade – àqueles que demandam um cuidado especial, os quais ela sempre lidou com muito amor. Agradeço também por ser sempre essa parceira compreensível, e por ter escolhido trilharmos juntos e de mãos dadas um caminho de luta, partilhando o ódio ao capitalismo e propagando amor e esperança à nossa classe trabalhadora.

- A todos os meus amigos, em especial: Diego Nobre, Kamyla Silveira e Júlia Rabelo, pelo apoio e estímulo, por segurarem a barra junto comigo e tornarem esse caminho mais leve. Além de compreenderem as faltas nos rolês e nos churrasquinhos – por também precisar dedicar os finais de semana aos estudos. Vocês também são parte dessa conquista.

- E, por fim, à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), por financiar esta pesquisa por meio da bolsa de mestrado concedida.

A maior riqueza
do homem
é sua incompletude.
Nesse ponto
sou abastado.
Palavras que me aceitam
como sou
— eu não aceito.
Não aguento ser apenas
um sujeito que abre
portas, que puxa
válvulas, que olha o
relógio, que compra pão
às 6 da tarde, que vai
lá fora, que aponta lápis,
que vê a uva etc. etc.
Perdoai. Mas eu
preciso ser Outros.
Eu penso
renovar o homem
usando borboletas.

Manoel de Barros (1998)

SILVA, Caio de Souza. “**Professor, o que são esses traços no quadro?**”: princípios histórico-críticos para o ensino de representações estruturais de compostos orgânicos. 2021. 188 f.l. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

RESUMO

As pesquisas em ensino de química apontam para a dificuldade dos alunos em compreender fenômenos da realidade que cabem ao campo desta ciência. Um dos aspectos levantados nessa problemática perpassa pelo obstáculo da apreensão da linguagem química. Dentro desse espectro, levantamos que no campo da química orgânica o ensino pautado principalmente na memorização de fórmulas, na operacionalização de dar nomes às moléculas, na falta de relação entre a prática social e teorias científicas e na desvinculação das teorias da química orgânica com os outros campos da química, podem ser alguns dos fatores decisivos no baixo entendimento dos alunos sobre os fenômenos. Em vista disso, este trabalho tem como objetivo sistematizar princípios didáticos para orientar o trabalho pedagógico dos professores, quando estes forem ensinar sobre as representações estruturais de compostos orgânicos. Trata-se de uma pesquisa teórica fundamentada filosoficamente no materialismo histórico-dialético, além de tomar como embasamento a psicologia histórico-cultural, em termos psicológicos do desenvolvimento humano, e a pedagogia histórico-crítica, no que tange os aspectos teórico-pedagógicos. Princípios didáticos são proposituras que possibilitam a (re)organização e a orientação do trabalho do professor em sala de aula. Compreende-se, então, que a partir da análise da dinâmica histórica da elaboração das representações estruturais, apontando as necessidades históricas, e a partir dos fundamentos teóricos adotados, podem-se formular propostas daquilo que é essencial para um ensino comprometido com o verdadeiro desenvolvimento do indivíduo nas máximas possibilidades que as condições reais proporcionem. Desse modo, formulamos três princípios didáticos. O primeiro diz respeito ao ensino da representação estrutural dos compostos orgânicos como unidade entre os níveis macroscópico e submicroscópico da realidade e do conhecimento químico. Nessa perspectiva, as representações se configuram como signo e possuem, dentre outros, o papel mediador da compreensão do fenômeno quando sintetiza os dois níveis numa unidade. O segundo propõe que os professores estruturem o ensino das representações a partir das necessidades históricas. Ou seja, coloca o motivo pelo qual a humanidade se mobilizou para criar esses signos que possibilitam a compreensão da realidade. Esse caminho evidencia, para o aluno, uma ciência que se desenvolve a partir de contradições, de embates de ideias, de problemas e de necessidades que seres humanos reais encontravam na sua prática social. Já o terceiro princípio lança como preposição que as representações estruturais sejam ensinadas na sua multiplicidade e com transições conscientes. Nesse sentido, deixa-se evidente que foram necessárias representações distintas para o mesmo ente químico, quando havia a necessidade de compreender novos fenômenos e um único tipo de representação não dava conta de explicá-los. Isto é, dependendo da necessidade de compreensão do fenômeno, utiliza-se de diferentes modos de representações. Esses princípios, por sua vez, não se configuram como uma receita “do que fazer” em sala de aula, visto que em cada situação específica de ensino deve-se levar em consideração as condições reais, no entanto podem servir como norteadores no trabalho pedagógico.

Palavras-chave: Química orgânica – Estudo e ensino. Compostos orgânicos. Didática. Pedagogia crítica. Psicologia sócio-histórica.

ABSTRACT

Research in chemical education points to the difficulty of students in understanding phenomena of reality that belongs to the field of this science. One of the aspects raised in this problem goes through the obstacle of the apprehension of chemical language. Within this spectrum, we found that in the field of organic chemistry, teaching based mainly on the memorization of formulas, on the operationalization of molecular nomenclature, on the lack of relationship between social practice and scientific theories and on the organic chemistry theories unlinked with the other fields of chemistry may be some of the decisive factors in students' low understanding of phenomena. In view of that, this research aims to systematize didactic principles to guide the pedagogical work of teachers, when teaching the structural representations of organic compounds. This is a theoretical research grounded philosophically on Dialectical & Historical Materialism, in addition to adopting Cultural-historical Psychology as a basis, in psychological terms of human development, and Historical-critical Pedagogy, in terms of theoretical-pedagogical aspects. Didactic principles are propositions that enable the (re)organization and orientation of the teacher's work in the classroom. In that understanding, then, that from the analysis of the historical dynamics of the elaboration of structural representations, pointing out the historical needs, and from the theoretical foundations adopted, proposals can be formulated of what is essential for a teaching committed to the true development of the individual to the is maximum possibilities that the actual conditions provide. In this way, three didactic principles were proposed. The first concerns the teaching of the structural representation of organic compounds as a unit between the macroscopic and submicroscopic levels of reality and chemical knowledge. In this perspective, the representations are configured as a sign and have, among others, the mediating role of understanding the phenomenon when synthesizing the two levels in a unit. The second proposes that teachers structure the teaching of representations based on historical needs. In other words, it puts the reason why humanity mobilized to create these signs that enabled the understanding of reality. This path shows the student a science that develops from contradictions, clashes of ideas, problems and needs that real human beings encountered in their social practice. The third principle launches as preposition that structural representations should be taught in their multiplicity and with conscious transitions. In this sense, it is evident that different representations were necessary for the same chemical entity, when there was a need to understand new phenomena and a single type of representation was not able to explain them. In other words, depending on the need to understand the phenomenon, different modes of representations are used. These principles, for its part, are not a recipe for "what to do" in the classroom, since in each specific teaching situation, real conditions must be taken into account, however they can serve as guidelines in pedagogical work.

Keywords: Organic Chemistry - Study and Teaching. Organic compounds. Didactics. Critical pedagogy. Socio-historical psychology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação estrutural tetraédrica para o metano	109
Figura 2 - Fórmula salsicha (CH ₄).....	113
Figura 3 - (a) estrutura de Crum Brown; (b) estrutura condensada de Couper (álcool oxálico)	113
Figura 4 - Fórmulas de Crum Brown para representar os isômeros do ácido etileno e etilideno	114
Figura 5 - Fórmula salsicha para o Benzeno	117
Figura 6 - Primeira representação cíclica	117
Figura 7 - Uma aproximação à forma de linhas com as ligações duplas alternadas	117
Figura 8 - Esquemas de Van't Hoff no Panfleto holandês de 1874	118
Figura 9 - Representação estrutural para o etanol (a) e o formol (b).....	120
Figura 10 - A, B, C e D representam átomos ligados hipoteticamente	120
Figura 11 - Representações estruturais para o ácido acético com os elementos explícitos (a) e implícitos (b)	121
Figura 12 - Carbono <i>quiral</i> – ligado à quatro grupos diferentes	123
Figura 13 - (a) um par de enantiômeros; (b) um par de diastereoisômeros.....	123
Figura 14 - (A) projeções de Newman; (B) projeções do tipo cavalete; para a representação estrutural da molécula de butano.....	125
Figura 15 - Análise conformacional do butano. I - eclipsada; II - estrelada-gauche; III - eclipsada;.....	125
Figura 16 - conversão entre as conformações cadeira e bote para o ciclohexano	126
Figura 17 - Os três componentes básicos da “nova Química”	130
Figura 18 - Fórmula estrutural para o etanol	134
Figura 19 - Relação entre as esferas macro e submicroscópicas do conhecimento químico .	135
Figura 20 - Representação estrutural do ácido etanoico.....	146
Figura 21 - Figuras que representam a presença do etanol em diversos aspectos da realidade e a sua produção	152
Figura 22 - Representação estrutural do etanol	153
Figura 23 - a) representação estrutural do metoximetano; b) representação estrutural do etanol	154
Figura 24 - Carbonos assimétricos do buntan-2-ol e do ácido láctico.....	162
Figura 25 - a) duas possibilidades para o diclorometano planar; b) única possibilidade para o diclorometano tetraédrico.....	163
Figura 26 - (a) representações da imagem no espelho da alanina (ácido 2-amino-propanoico) em 2D;.....	165
Figura 27- (a) representação simples; (b) representação condensada; (c) representação em linhas;	167

LISTA DE SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
FMI	Fundo Monetário Internacional
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (na tradução: União Internacional de Química Pura e Aplicada)
MHD	Materialismo Histórico-Dialético
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PHC	Pedagogia Histórico-Crítica
PIB	Produto Interno Bruto
Pisa	Programme for International Student Assessment (na tradução: Programa Internacional de Avaliação de Estudantes)
PsiHC	Psicologia Histórico-Cultural

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 QUESTÕES INTRODUTÓRIAS DE BASE TEÓRICO-PEDAGÓGICAS.....	24
2 OLHANDO PARA O MUNDO ALÉM DA SUA APARÊNCIA: O MÉTODO DE PESQUISA	34
3 A PLENA HUMANIZAÇÃO E A ATIVIDADE ESCOLAR NA PERSPECTIVA DA PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL	51
3.1 A NECESSIDADE COMO FUNDAMENTO DO AGIR: TEORIA DA ATIVIDADE... 55	
3.2 OS ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO PSÍQUICO PARA A PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL	61
3.3 O SIGNIFICADO DA PALAVRA COMO UNIDADE ENTRE PENSAMENTO E LINGUAGEM.....	73
3.4 ASCENDENDO A CONSCIÊNCIA: A INTERNALIZAÇÃO DE SIGNOS, A FORMAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	80
3.5 UMA RELAÇÃO DIALÉTICA ENTRE PENSAMENTO EMPÍRICO E PENSAMENTO TEÓRICO.....	88
3.6 SIMBOLIZAÇÃO E ESCRITA COMO O APOGEU DO DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM.....	94
4 A REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS: UM OLHAR HISTÓRICO E EPISTEMOLÓGICO	103
4.1 O CARBONO TETRAÉDRICO E A REVOLUÇÃO DO PENSAMENTO QUÍMICO	106
4.2 AS DIFERENTES REPRESENTAÇÕES ESTRUTURAIS	119
4.3 A REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL E O ENSINO DE QUÍMICA.....	127
5 PRINCÍPIOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE REPRESENTAÇÕES ESTRUTURAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	137
5.1 O ENSINO DA REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO UNIDADE ENTRE OS NÍVEIS MACROSCÓPICOS E SUBMICROSCÓPICOS	144
5.2 A NECESSIDADE HISTÓRICA DAS REPRESENTAÇÕES	155
5.3 A MULTIPLICIDADE DAS REPRESENTAÇÕES E SUAS TRANSIÇÕES CONSCIENTES	164
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
REFERÊNCIAS	175

1 INTRODUÇÃO

Neste primeiro momento, iremos apresentar ao leitor algumas questões de como chegamos ao problema da pesquisa, quais os fundamentos que justificam essa dissertação, assim como também apresentar a divisão do trabalho nos diferentes capítulos que seguirão.

De antemão, peço paciência ao leitor, pois, a partir das nossas concepções, apresentar a visão de mundo que temos e retomar questões que podem parecer consolidadas socialmente (mas que seu verdadeiro significado foi se perdendo ao longo do tempo) tornam-se importantes questões para dar conta do arcabouço e atingir o objetivo desse trabalho de pesquisa.

A realidade brasileira não é animadora no que se refere à educação científica. Dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa¹, do inglês Programme for International Student Assessment) mostram o cenário do Brasil ao longo dos anos, no que tange à educação em ciências, e o país se posiciona muito abaixo da média de pontuação de países ditos desenvolvidos e da média de todos os países que fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), considerada uma referência na qualidade de educação. No ano de 2018, nenhum dos alunos participantes obteve uma nota suficiente que os classificasse como proficiente em ciências, isto, de acordo com o parâmetro do programa. Aproximadamente, apenas metade dos alunos conseguiu alcançar o nível mais básico de conhecimento em ciências. Dos 78 países participantes da avaliação, o Brasil se manteve em posições do ranking na faixa do 64º ou 67º lugar². Uma das situações também levantadas é que quanto mais rico (social, cultural e economicamente) o estudante, maiores são as oportunidades de acesso à educação e, com isso, o mesmo tende a ter um melhor desempenho escolar. Isso tudo aponta para o fato de que a desigualdade social é uma causa fundamental para o baixo rendimento na educação científica. Um país que possui um Produto

¹ É importante salientar que possuímos críticas ao Pisa, como política de internacionalização. Contudo, ele tem se constituído como um parâmetro para análises nacionais, e a educação que defendemos está para além destes parâmetros.

² Dados do Pisa de 2018. Disponível em: portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=O%20Pisa%202018%20revela%20que,escolariza%C3%A7%C3%A3o%20de%20profici%C3%94ncia%20em%20lei%20tura.&text=As%20escolas%20particulares%20e%20federais,%2C%20respectivamente%2C%20contra%20487%20pontos

Interno Bruto (PIB) entre os 10 maiores mundialmente³, e uma realidade na educação científica tão alarmante, necessita olhar as bases estruturais que permitem esta condição.

É evidente que o baixo índice que o Brasil apresenta na educação em ciências não está unicamente relacionado com a química ou com a aprendizagem da sua linguagem, mas consideramos que tais condições fazem parte desse todo. Em vista dessa realidade macro, também não podemos colocar a carga do fracasso da educação científica brasileira especificamente no aluno ou no professor, pois isso caracteriza, no mínimo, uma falta de compreensão da realidade como totalidade, ou, ainda mais, um projeto político da burguesia que fecha os olhos propositadamente para os problemas que possuem sua origem na estrutura social e coloca-os sobre os indivíduos pontuais. É importante ressaltar que a educação está imersa e faz parte de relações sociais como um todo, e que o seu fracasso ou o seu êxito depende de variados aspectos da realidade, os quais não podem ser perdidos de vista mesmo quando estivermos pesquisando sobre algo específico da educação.

Dentre outros, um dos aspectos que foram levantados sobre a dificuldade na aprendizagem das ciências e, conseqüentemente, a deficiência na compreensão da realidade, está vinculado com a apropriação da linguagem delas. A necessidade de pesquisas voltadas para a articulação entre a linguagem e o Ensino de Ciências, de acordo com Almeida (2014), emergiu da preocupação dos professores com alunos que tinham dificuldades de leitura e interpretação de textos e imagens. A mesma autora (ALMEIDA, 2014) nos diz também que essas dificuldades para aprender conteúdos de Ciências eram, muitas vezes, atribuídas à falta de aprendizado de outras disciplinas – pensava-se que o ensino da leitura e interpretação era apenas obrigação do professor de Língua Portuguesa, por exemplo.

Mortimer (1996) relata que, no início da década de 1990, houve uma adesão muito grande das ideias de Piaget (especialmente no Brasil) como concepções alternativas à pedagogia tradicional, mudando o foco do trabalho pedagógico do professor para o aluno e levando em consideração prioritária a sua interação com o objeto de estudo. Porém, o movimento de concepções alternativas entrou então em crise, pois a comunidade de pesquisadores percebeu que não bastava olhar para o sujeito isolado, mas era necessário levar em conta o contexto histórico, cultural e social desse indivíduo. A respeito desse novo olhar lançado ao aluno, Flôr e Cassiani (2012) afirmam que as pesquisas sobre linguagem e discurso no Ensino de Ciências se intensificaram de forma significativa no Brasil a partir dos anos 1990 e 2000. Em grande parte, esse aumento ocorreu devido à incorporação dos

³ Dados do relatório anual do FMI (Fundo Monetário Internacional) de 2018. Disponível em: http://www.funag.gov.br/ipri/images/analise-e-informacao/01-Maiores_Economias_do_Mundo.pdf

trabalhos de Lev S. Vigotski⁴ às pesquisas sobre o Ensino de Ciências e, “geralmente, essas pesquisas são caracterizadas pela busca em se compreender como se dá o aprendizado dos conceitos científicos através das interações sociais mediadas pela linguagem” (LAVARDA; PEREIRA, 2019, p. 50).

Nas pesquisas de Souza e colaboradores (2014) sobre a produção acadêmica de teses e dissertações, entre os anos 2000 e 2011, obtidas no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por meio das palavras chave “Ensino de Ciências” e “Linguagens”, os autores mostram que quanto à área disciplinar da produção, pouco mais da metade dos trabalhos identificam sua pesquisa associada às Ciências (51%), enquanto o restante se distribui entre Biologia (20%), Física (18%) e Química (11%). Nesse sentido, Lavarda e Pereira (2019) apontam para uma lacuna em trabalhos sobre linguagem na área de Química e Física, disciplinas que possuem maior grau de complexidade para a maioria dos estudantes. Já no trabalho de Oliveira, Nicolli e Cassiani (2014), desenvolvido a partir de pesquisa nos anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), no eixo temático de “Linguagem, cultura e cognição”, em relação à natureza das pesquisas, a predominância é da pesquisa empírica, envolvendo basicamente questões de sala de aula e a motivação dos pesquisadores é promover uma problematização do espaço educacional, muito mais do que questionar teorias já consolidadas ou promover uma discussão teórica que gere princípios gerais para a prática pedagógica, ficando, muitas vezes, presos a um contexto específico. As autoras também puderam apontar que as maiores concentrações de trabalhos estão nas temáticas “Discurso” e “Interações Discursivas”.

Ressaltamos que as pesquisas que se propuseram a discutir a relação entre a Linguagem e o Ensino de Ciências foram e são importantes para a área. Entretanto, no intuito de aumentar a contribuição nas pesquisas desse campo, que ainda não está esgotado, será necessário realizar um procedimento analítico-científico por meio da conquista de conhecimentos acerca do objeto de estudo, fazendo-se necessário a captação de suas relações nos planos lógico (dinâmica, estrutura e funcionamento) e histórico (gênese e desenvolvimento).

A Química, como parte das ciências, integra esse quadro preocupante de baixo rendimento e, apesar dos esforços demandados para melhoria do processo de ensino dessa

⁴ Devido às traduções do russo para o português ou espanhol, o nome pode aparecer com diversas variações: Vigotski, Vygotsky, Vigotsky ou Vygotski. Quando for citação de alguma obra, manteremos o nome como consta nela. Quando não se tratar de uma citação, adotaremos a escrita “Vigotski”.

ciência, a compreensão dela “ainda tem gerado entre os estudantes uma sensação de desconforto em função das dificuldades de aprendizagem existentes no processo” (ROCHA; VASCONCELOS, 2016, p. 1). Nesse sentido, precisamos nos apropriar do que já foi feito de pesquisas nessa área e apontar novos caminhos que sejam os mais coerentes com a realidade estudada.

Quando pensamos em pesquisar sobre o ensino de química há alguns anos, uma das questões que sempre nos intrigou foi sobre o ensino e a aprendizagem especificamente relacionada com a linguagem dessa ciência. Estudos primeiros nesse sentido mostraram que não há como aprender química sem aprender e compreender a linguagem dela (CHASSOT, 2017). Isso porque, assim como toda ciência, a química possui especificidades na sua forma de pensar os fenômenos e de comunicar ideias entre aqueles que se envolvem com ela. Essas especificidades da linguagem química se apresentam numa variedade de novos símbolos, como as representações de elementos químicos, equações químicas, fórmulas químicas, estruturas moleculares e entre outras, os quais não aparecem na vivência dos estudantes no dia-a-dia do senso comum ou, quando aparecem, não recebem a devida significação científica que essas simbologias carregam.

Um trabalho relevante nesse campo é o de Roque e Silva (2008), o qual aponta que as dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas a determinados fenômenos. O primeiro deles é a diferença entre a linguagem comum e a linguagem científica, pois esta última tem características bem específicas que a distinguem das outras formas de linguagens comuns, o que pode gerar estranheza nos alunos em uma aula de ciências. De acordo com os seguintes autores:

Enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam sequências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais que estão ligados por verbos que exprimem relações entre os processos (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998, p. 9).

A estranheza que os alunos percebem quando se deparam com uma aula de ciências pode estar atrelada a uma mudança na sintaxe da frase, a qual eles ainda não estão acostumados, pois, na linguagem comum do cotidiano, coisas e seres são designados por nomes e os processos são designados por verbos, já na linguagem científica, eles se deparam com processos que se transformaram em nomes ou grupos nominais e os verbos, agora, não expressam mais ações e sim relações. Por exemplo, podemos utilizar a linguagem do dia-a-dia e expressar que *quando colocamos sal de cozinha na água, observamos que a temperatura para sua fervura é maior*. Na linguagem científica podemos expressar da seguinte forma: *a*

adição de cloreto de sódio (soluto não volátil) na água eleva sua temperatura de ebulição. É importante destacar que nem sempre é possível fazer essa conversão, pois a linguagem científica possui uma forma específica de se pensar e ver o mundo construído por essa cultura.

Além disso, Chassot (1993) também aponta que usamos uma linguagem que não é a do aluno e, muitas vezes, não nos damos conta do quanto ela pode gerar confusão psíquica para os estudantes que ainda não são iniciados nela como nós somos, e mesmo assim encontramos dificuldades.

O segundo fenômeno que dificulta a aprendizagem da linguagem da química é em relação à sua especificidade quase hermética, fazendo com que o grande público acabe ficando afastado da verdadeira natureza, a qual possui sua origem histórica desde os alquimistas. Podemos encontrar sinais simbólicos como parte integrante dos documentos alquímicos gregos que datam do décimo terceiro ao décimo quinto século (OBRIST, 2003). Por motivo de segurança, os alquimistas utilizavam uma linguagem enigmática para descrever suas teorias, materiais e operações (HOLMYARD, 1990). Por consequência disto, a linguagem alquímica, ao mesmo tempo em que precisava ser difundida entre os alquimistas, era restrita para manter seu caráter hermético. Para isso, a Alquimia utilizou bastante de signos e símbolos incompreensíveis para qualquer pessoa que não fosse iniciada. A Química, por sua vez, se apropriou das elaborações alquímicas e com isso, também, alguns dos seus símbolos.

E, por fim, o terceiro fenômeno ocorre, muito provavelmente, por conta das dificuldades em se estabelecer as necessárias relações entre os entes químicos do mundo submicroscópico e do macroscópico. Pois a linguagem química atribuída ao microcosmo, que não pode ser percebido pelos órgãos do sentido, causa estranheza a quem está iniciando nesta Ciência. Por exemplo, as estruturas que representam as moléculas dos compostos orgânicos precisam ser compreendidas de forma individual na sua concreticidade, apesar da falta de contato físico direto com esses entes, possibilitando uma percepção dos órgãos dos sentidos. Deste modo, as representações simbólicas exercem o papel de mediador da compreensão entre o mundo microscópico e o macroscópico.

Em certa medida, concordamos com as ideias dos autores citados acima, mas precisamos ter um cuidado mais refinado em nossa análise, pois esses quesitos levantados por eles, se não forem fundamentados, a partir de uma concepção de mundo de totalidade que considere as esferas da realidade de modo interconectado, pode nos levar ao entendimento equivocado da problemática. Nesse sentido, eles podem indicar, equivocadamente, que o

problema em si encontra-se exclusivamente na Ciência Química ou no indivíduo que tem dificuldade em aprendê-la.

É importante aclarar que a apropriação de qualquer ciência, antes de qualquer coisa, é uma prática social e cultural. O indivíduo não aprende a pensar, expressar e usar o pensamento científico sem entrar em contato e conviver com esta forma de ver o mundo ao seu redor. Não há funcionalidade sem o ato de funcionar, ou seja, não há como pensar cientificamente sem estabelecer um vínculo na prática social com a ciência, isto é, sem tomar para si as teorias científicas que explicam os fenômenos da realidade. Então, o que podemos inferir sobre a dificuldade na aprendizagem da química, especialmente para os filhos da classe trabalhadora, não é um problema pontual nesta ciência, muito menos no indivíduo, mas sim um problema social que está atrelado à negação cultural deste conhecimento à classe desfavorecida⁵. E a resolução dessa problemática perpassa pela luta de classes, pela apropriação cultural da química que foi desenvolvida pelos seres humanos e que pertence a todas e todos.

Quando caminhamos para pensar e pesquisar questões relacionadas ao ensino da linguagem da química, percebemos que este campo se mostrou bastante amplo e que não caberia em um único trabalho de pesquisa. Desse modo, procuramos afinar para algo que fosse relevante em termos da necessidade social e que fizesse sentido no trabalho do pesquisador, em termos da necessidade individual. Nesta direção, como professor da educação básica, sempre fui indagado pela dificuldade que os alunos tinham em aprender os fenômenos relacionados à química orgânica. Para sanar essa problemática foram buscados trabalhos que pudessem justificar o porquê dessa dificuldade e que também auxiliasse na elaboração de novas práticas pedagógicas, visando a melhoria do ensino. Muitos dos trabalhos encontrados focalizam as discussões da solução à problemática na forma de ensino propondo jogos (principalmente da memória), experimentos, criação de modelos moleculares, utilização de softwares e a cotidianização dos conteúdos (ALMEIDA et al., 2017; KAZMIERCZAK et

⁵ A nossa concepção de visão de mundo deixa evidente que a sociedade é dividida em duas grandes classes sociais: a classe trabalhadora desfavorecida e a classe burguesa dominante. A classe trabalhadora é composta pelos indivíduos que só possuem como meio de subsistência a venda da sua força de trabalho. Enquanto que a classe dominante é formada por aqueles poucos que detêm os meios de produção. É importante evidenciar que a classe trabalhadora não é um todo homogêneo, mas que existem elementos universais que unificam os indivíduos dentro desse grupo (como o apontado anteriormente que define a classe trabalhadora), do mesmo modo que há particularidades que a diversificam, como diferentes gêneros e raças. Essas diferenças precisam também serem levadas em consideração quando falamos da classe trabalhadora, visto que existem opressões que são acumuladas em alguns indivíduos. Por exemplo, uma mulher negra e trabalhadora sofre muito mais opressão dentro de uma sociedade machista e racista do que um homem branco e trabalhador.

al., 2018; OLIVEIRA et al., 2012; RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009; SILVA et al., 2017; SILVA JÚNIOR; BIZERRA, 2015).

Essas novas estratégias, de certo modo, mobilizavam os estudantes para algo que fugia daquilo que era corriqueiro nas aulas de química (aulas expositivas, somente utilizando quadro e giz), porém, ao final do processo, poucos alunos mostravam uma compreensão de fato dos fenômenos químicos a partir da mobilização dos conceitos. Às vezes, por conta da memória, até conseguiam tirar uma boa nota nas avaliações, mas isso não se configurava como compreensão da realidade de fato, pois, quando colocados frente a problemas que fugissem daquele contexto específico memorizado, eles não conseguiam resolvê-los. Isso pode apontar que o problema não esteja atrelado unicamente na forma, mas na combinação de determinantes que o processo de ensino de química orgânica está sujeito.

De Quadros e colaboradores (2011) avaliaram a percepção de professores em relação ao ensino de química orgânica. Segundo o estudo, na tentativa de facilitar o ensino desse conteúdo, alguns professores fazem uso de analogias, contextualizações, recursos multimídias (*slides*), modelos físicos (balões ou modelos plásticos para representar moléculas) e/ou a combinação dessas estratégias/recursos. No entanto, foi relatado que, ainda assim, um grande número de alunos não aprende e não gosta desse conteúdo (DE QUADROS et al., 2011).

Outro aspecto que foi percebido nos trabalhos citados acima está relacionado com a falta de embasamento teórico-filosófico (a partir de qual concepção de mundo os autores escrevem?), de modo que focam em propostas para novas metodologias de ensino sem pensar na macroestrutura social que está por trás da forma de ensinar. Isso nos abre para a indagação: o problema do ensino de química orgânica está centrado apenas na forma de ensinar?

Ainda em termos do ensino de química orgânica, Marcondes e colaboradores (2015) afirmam que os principais problemas estão vinculados em três pontos: a) pelo fato de ser desvinculada dos demais conteúdos da química; b) ter foco em operações de identificação, classificação e nomenclatura de compostos orgânicos; c) não contextualização.

No que se refere ao primeiro ponto da problemática, os autores apontam que essa desvinculação entre os conteúdos da química pode estar associada à divisão rígida em três grandes áreas, nas quais estes se apresentam nos currículos do ensino médio: química geral, físico-química e química orgânica. Essa maneira de subdivisão da química é propagada através do ensino a partir de tratados de livros didáticos, os quais cristalizaram na educação uma abordagem compartimentada dos conteúdos. Nesse sentido, os conhecimentos dessas três áreas da química não são articulados entre elas de um modo que os estudantes consigam

relacionar, ao exemplo do conhecimento sobre ligações químicas e interações intermoleculares com as propriedades físico-químicas de compostos orgânicos.

O que se observa no ensino, no entanto, é a separação desses conhecimentos de modo que não se explora as relações entre eles, como se os nexos e as sínteses fossem algo tácito aos estudantes, o que não o são. Ou, ainda, como se a química orgânica fosse um campo separado da química, possivelmente transparecendo que não há relação entre os princípios e leis aprendidas da química geral e da físico-química com os conhecimentos referentes à orgânica. Essa fragmentação do conhecimento químico possivelmente é acentuada pela divisão dos conteúdos de forma seriada, ou seja, em cada momento da formação dos estudantes tenta-se esgotar um determinado conteúdo. Essa forma de conceber o ensino, de acordo com a base teórica que adotamos nesta pesquisa, é desconexa tanto em termos do desenvolvimento psíquico integral quanto em termos de compreensão da realidade como um todo.

É importante deixar claro que não discordamos com a separação momentânea de um recorte da realidade para se compreender um determinado elemento de um fenômeno, por exemplo, um conceito químico em particular. No entanto, precisamos fazer o processo de retorno desse conceito químico apreendido com as suas articulações, seus nexos e suas relações com os diversos outros elementos que compõem a realidade.

Marcondes e colaboradores (2015) afirmam que são poucas as vezes que são encontradas – em livros didáticos do ensino médio – reações entre compostos orgânicos ao se estudar estequiometria, o mesmo pode ser observado nas discussões sobre solubilidade e concentração de soluções que envolvam substâncias orgânicas. A química orgânica é praticamente omitida nas duas primeiras séries do ensino médio e vista de maneira isolada do restante dos outros conteúdos da química apenas na terceira série. Sabemos da peculiaridade que a química orgânica possui, assim como outras áreas da química. Contudo, essas precisam ser articuladas para dar conta da compreensão dos fenômenos como verdadeiramente são na realidade, caso contrário, o ensino se torna vazio em conteúdo e a educação escolar não cumpre o seu papel social de humanizar as gerações futuras a partir daquilo que foi elaborado historicamente pelo conjunto de homens e mulheres.

O segundo ponto da problemática está relacionado com o foco direcionado, por parte do ensino, às operações de classificação, identificação, formulações e nomenclatura de compostos orgânicos, deixando a compreensão dos fenômenos da realidade em segundo plano. Neste sentido, autores relatam que:

Os livros tratam da classificação dos tipos de cadeias, classificação dos tipos de carbonos em primários, secundários etc., classificação dos tipos de ligações, classificação dos tipos de hidrocarbonetos, classificação dos tipos de isomeria, regras para dar nomes aos compostos, regras para escrever fórmulas moleculares, estruturais e de traços de compostos orgânicos etc. Classificar, dar nomes e escrever fórmulas estruturais resumem boa parte dos conhecimentos de Química Orgânica tratados no currículo tradicional. (MARCONDES et al., 2015, p. 11).

Deixamos evidenciado que estes conhecimentos são importantes para a química e para a compreensão de alguns aspectos dos fenômenos da realidade, mas eles não devem ser tratados como prioridade e muito menos como única abordagem para se ensinar química orgânica. Na verdade, focar nessas operações com certo exagero, pouco contribuirá para uma real formação química de entendimento dos fenômenos. Muitas das vezes, os estudantes passam praticamente todo o ano letivo treinando aplicação de inúmeras regras para classificar, nomear, formular e identificar compostos orgânicos, com poucos momentos de reflexão sobre os conteúdos em suas relações entre as dimensões macroscópicas e submicroscópicas da matéria, entre a manifestação do fenômeno químico e as explicações teóricas que estão em um nível da realidade não visível, o que contribuiria para a interpretação do mundo material ao seu redor.

Algumas questões aparecem para nós nesse momento, como: por que, então, muitos dos professores focam no ensino de operações de identificação, classificação, formulações e nomenclaturas, ao invés de ensinar o estudante a compreender o mundo através dos conceitos da química orgânica?

Podemos tentar inferir que a razão para essa prática pode ser atribuída ao fato de que: a) ensinar regras é mais fácil do que ensinar conceitos químicos e ensinar a interpretar os fenômenos; b) não há uma avaliação crítica, por parte dos professores, sobre os livros didáticos de química no que se refere à abordagem da química orgânica antes de serem adotados em sua prática pedagógica; c) avaliar os estudantes a partir da sua capacidade de aplicar regras é mais fácil e objetivo; e, como principal, d) a falha na formação de professores de química que perpetuam um modo infecundo de ensinar química orgânica, o qual pouco contribui para que eles adquiram um novo olhar que seja para além de operações sem sentidos.

O ensino pautado na memorização de fórmulas e na mecanização de dar nomes aos compostos, por si só, é de pouca valia aos estudantes. O que se observa por esse caminho é que alguns dos alunos poderão reconhecer padrões e fazer algumas generalizações mais superficiais, mas a possibilidade de compreensão dos fenômenos que envolvem os compostos

orgânicos em toda a sua generacidade é pouco provável. Em contrapartida, pensamos que o ensino da química orgânica possibilitaria o desenvolvimento psíquico do indivíduo e o entendimento da realidade que o cerca, se fosse tratado a partir de abordagens que privilegiasse os conceitos químicos com suas relações, seus nexos, suas estruturas e suas determinações. Essa prática de ensino, possivelmente, possui um maior potencial para que os alunos compreendam os fenômenos e, dessa forma, priorizá-la é um caminho a ser considerado. Desse modo, as classificações e demais regras passam a ser tratadas como conhecimentos auxiliares e posteriores nesse processo.

O terceiro ponto da problemática no ensino de química orgânica é apontado pelos autores (MARCONDES et al., 2015) como a ausência de contextualização dos conhecimentos científicos. No entanto, eles alertam que contextualizar um determinado conteúdo da química não se restringe a dar exemplos de compostos orgânicos, ao exemplo de citar o vinagre como forma de contextualizar o ensino de ácido carboxílico. Nesse sentido, o vinagre não é tratado como objeto de conhecimento a ser explorado, buscando suas determinações, sua composição, suas propriedades, sua representação estrutural, seu processo de produção, sua função social e entre outras determinações. E isso se estende para outros compostos, como etanol/álcool, petróleo/hidrocarbonetos, acetona/cetonas, sacarose/carboidratos etc. É como se existisse um vínculo único entre o exemplar e o conteúdo, e isso está longe de se configurar como contextualização e muito menos como generalização.

A química orgânica é ensinada de forma descolada da prática social, e, com isso, espera-se que os estudantes reconheçam e apliquem esses conhecimentos teóricos na interpretação da realidade na qual estão inseridos, como se isso fosse algo tácito ou trivial, dispensando a mediação⁶ do professor. Em contrapartida, a nossa defesa é por um ensino que priorize a inter-relação entre os fenômenos químicos que ocorrem com as substâncias a nível macroscópico (suas características, propriedades, e todo o conjunto de manifestações inseridos numa prática social como um todo) e o nível submicroscópico (leis, teorias, representações estruturais), pois ambos são cruciais para a compreensão do fenômeno. Esse

⁶ De modo simplificado, mediação aqui significa que o professor tem o papel de promover um ensino que aponte a intervinculação entre o conhecimento científico teórico e os fenômenos da prática social, pois essa relação não é dada de forma tácita. Entretanto, é importante destacar que o conceito de mediação ultrapassa a ideia de uma mera relação aparente entre coisas, mas está dentro da esfera das intervinculações entre as propriedades essenciais das coisas, ou seja, algo que se interpõe e ao mesmo tempo carrega as propriedades tanto de um quanto de outro (MARTINS, 2015). Ao longo do texto o leitor irá se deparar com uma discussão e conceitualização sobre mediação mais detalhada. De antemão, quando esse termo aparecer, entenda como sendo algo que promove a intervinculação entre coisas.

vínculo não pode ser dicotomizado e se configura como uma síntese essencial para o conhecimento químico.

Tratar o ensino dos conceitos químicos, levando em consideração a sua inserção na prática social, significa desnudar suas determinações, seus nexos com outros conceitos, sua dinâmica de constituição na história, sua relevância para a sociedade e para compreensão do mundo. Desse modo, os alunos possivelmente encontram, além do significado real do conhecimento, o sentido para a apreensão do conteúdo.

Sendo assim, buscamos caminhar no sentido de pesquisar sobre os aspectos estruturantes do ensino para que os alunos compreendam os fenômenos da química orgânica, a partir da apropriação da linguagem desta. Mesmo assim, o campo da linguagem da química orgânica como um todo, apesar de possuir sua especificidade, ainda nos pareceu muito amplo. Nesse sentido, estudos anteriores (SILVA; MESSEDER NETO, 2019; SILVA; MESSEDER NETO, 2021, no prelo), apontaram como primordial e fundamental na compreensão dos fenômenos desse ramo da química a apreensão das representações estruturais dos compostos orgânicos. Isso porque as representações constituem uma elaboração histórico-científica essencial na mediação entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade. São elas que possibilitam aos seres humanos captar a dinâmica não visível do mundo submicroscópico, isto, através da sua relação de interdependência com os fenômenos perceptíveis a nível macroscópico, e gerar uma síntese de compreensão sobre a realidade. As representações desempenham o papel de mediar esses dois níveis da realidade e do conhecimento químico.

Essa relevância sobre as representações estruturais nos conduziu ao recorte no campo da linguagem da química orgânica e nos moveu à procura de trabalhos que tratassem dessa temática. Em termos específicos, no que se refere aos processos de ensino e aprendizagem relacionados às representações de estruturas dos compostos orgânicos, foram encontrados trabalhos relevantes, como os de Araújo Neto (2009; 2017), Cedran (2015), Cedran e Santin Filho (2019), Souza e Porto (2013) e entre outros. De modo geral, esses trabalhos desenvolvem uma discussão consistente em fundamentar a noção de representação, situar o processo de elaboração e de constituição das representações estruturais ao longo da história e apontar alguns aspectos para o ensino delas. No entanto, observamos a lacuna nesses mesmos trabalhos em articular o conteúdo químico com a forma de seu ensino, pensando no destinatário (aluno) real, o qual está situado numa sociedade multideterminada.

Ainda assim, nos trabalhos anteriormente citados, foi observado que a base filosófica adotada para discutir a concepção de representação pode deixar margem para um entendimento idealista, o que destoa da concepção de mundo materialista que adotamos. Mesmo assim, o leitor perceberá que muito desses trabalhos serão incorporados ao longo desta dissertação, de modo a apontar para sua superação – não como uma negação, mas como um avanço⁷.

Buscamos trabalhos que abordassem a temática das representações estruturais dos compostos e que também fossem alinhados com base nos fundamentos teórico-filosóficos do Materialismo Histórico-Dialético (MHD), adotado como método de pesquisa⁸. No entanto, não foram encontrados, e isso já apontaria para uma lacuna que caberia em um trabalho de pesquisa.

Pensamos que embasar a temática no MHD seria amplo e não suficiente para dar conta da realidade que está posta no que se refere ao campo do ensino. Por isso, caminhamos na direção de pensar em apontamentos para o trabalho didático do professor, visto que há a necessidade de fazer a mediação entre os fundamentos do MHD e o ensino do conteúdo químico em questão, com o intuito de que isso se torne elementos para o professor pensar a sua prática pedagógica.

Desse modo, delimitamos essa pesquisa para investigar e elaborar proposituras daquilo que seja mais relevante no processo de ensino dessas representações, as quais se configuraram como o caminho mais acertado a seguir e que se encontram expostas neste trabalho.

Nesse sentido, anunciamos que o objetivo deste trabalho de pesquisa é *sistematizar princípios didáticos gerais orientadores do ensino das representações estruturais dos compostos orgânicos*. E, com a seguinte questão geral de pesquisa: quais princípios didáticos gerais podem nortear o ensino das representações estruturais de compostos orgânicos?

Em vista da problemática, do objetivo e da questão de pesquisa anunciadas, cabe-nos elucidar alguns aspectos introdutórios que dizem respeito ao trabalho pedagógico, já que o nosso objetivo geral perpassa pela questão da didática, a qual envolve o processo de ensino e aprendizagem em espaço escolar.

⁷ No próximo capítulo trataremos da discussão do método e abordaremos sobre a superação por incorporação.

⁸ No próximo capítulo discutiremos sobre o materialismo histórico-dialético, seus fundamentos e o movimento do método de pesquisa que foi empregado aqui.

1.1 QUESTÕES INTRODUTÓRIAS DE BASE TEÓRICO-PEDAGÓGICAS

Para dar conta do objetivo da pesquisa, a qual se envolve com questões didáticas, e, sabendo que as questões mais gerais da sociedade não podem passar despercebidas, procuramos nos alinhar com uma perspectiva pedagógica que estivesse comprometida politicamente com a classe trabalhadora, com as escolas públicas e que compreendesse a educação como um dos instrumentos da luta na superação da sociedade de classes. Uma pedagogia que reconheça os conhecimentos científicos como uma das armas para o enfrentamento político. Uma pedagogia que possua bases teóricas críticas e que leve em consideração as inúmeras determinações sociais que influenciam na aprendizagem e que delas são influenciadas, na direção de um novo modelo de sociabilidade que não seja estruturada pela desigualdade social. Essa é a Pedagogia Histórico-Crítica (PHC).

Como aparece no objetivo desta pesquisa, o que entendemos por *princípios didáticos gerais orientadores do ensino* são categorias simples e reveladoras dos traços essenciais do ensino, que propiciem a aprendizagem no aluno de um determinado conteúdo. Princípios estes que devem ser levados em consideração por todos os professores que se disponham a desenvolver um ensino pautado em bases teóricas críticas. Professores que busquem desenvolver nos estudantes a apropriação de um conhecimento que vai além da aparência imediata. No que diz respeito aos traços essenciais, concebemo-los como sendo expressões de leis gerais e universais que regem o objeto, que possibilitam explicar não somente aquilo que é dado imediatamente, mas de todo um conjunto de fenômenos.

Sobre os princípios didáticos, podemos dizer, então, que são elaborações teóricas que possibilitam a mediação entre as condições singulares de uma aula de química orgânica e a totalidade da educação química inserida no mundo. Existe uma totalidade da prática social na qual os saberes sistematizados, a escola e os indivíduos (nas suas multideterminações de classe, raça, gênero etc.) que fazem parte desta sociedade estão inseridos. Em cada caso de ensino singular, em cada contexto – variante de escola para escola, de aluno para aluno, de uma realidade local para outra – as relações entre os entes que formam o espaço escolar variam. Mas existe uma particularidade genérica que pode ser levada em consideração para todos os espaços de ensino da Química Orgânica, por exemplo. E é neste sentido que este trabalho vai se debruçar: encontrar, a partir da singularidade e da totalidade, as categorias da

particularidade que devemos tomar como essencial no ensino das representações estruturais dos compostos orgânicos⁹.

Tendo em vista as multideterminações da problemática da dificuldade, a qual envolve a aprendizagem da química orgânica pelos alunos, esta pesquisa irá se debruçar na investigação teórica daquilo que é essencial e geral em termos de conteúdo (o que ensinar), da forma (como ensinar) e do seu destinatário (para quem ensinar), a fim de orientar professoras e professores no ensino da Química Orgânica.

Como não podemos ser professor de um lado e ser pesquisador do outro, precisamos então situar de onde falamos, qual a nossa concepção de mundo e qual a base pedagógica que tomamos como premissa. Para que o leitor compreenda os caminhos da pesquisa e os seus resultados, neste momento, anunciaremos os referenciais da pesquisa e elucidaremos algumas considerações sobre a base pedagógica que adotamos.

Esta pesquisa tem como base a PHC, a qual foi iniciada por Saviani e recebe contribuições de várias autoras e autores que se envolvem em uma construção coletiva de uma teoria pedagógica pautada em fundamentos revolucionários. A Psicologia Histórico-Cultural (PsiHC), elaborada e desenvolvida pelo grupo formado por Vigotski, Leontiev, Luria, Morozova, Levina, Zaporozhets, Sakharov e seguidores, também compõe o arcabouço teórico desta pesquisa. Afinal, os supracitados autores concebem o processo de elaboração e desenvolvimento do conhecimento como um processo psicológico que emerge dos modos de vida dos indivíduos em interação com a cultura, assumindo, deste modo, que é por meio da linguagem que as funções psicológicas superiores vão se constituindo.

Tanto a teoria pedagógica quanto a teoria psicológica possuem base marxista. Por consequência disso, é importante destacar que Vigotski e Saviani não buscaram uma psicologia e pedagogia nas obras de Marx, mas procuraram construir uma psicologia e pedagogia marxista. A justificativa para a escolha dessas teorias se deu pelo fato delas serem as mais radicais e coerentes em suas proposições, possibilitando o desenvolvimento do ser humano de forma omnilateral, assim como na criticidade em busca do conhecimento da realidade concreta, evidenciando suas contradições e apontando para uma nova sociabilidade mais humanizadora que supere o capitalismo.

Para que possamos deixar ainda mais claro o objetivo a que se dispõe este trabalho, cabe-nos situar o leitor sobre algumas considerações, as quais muitas vezes nos parecem óbvias, mas que podem ter sido distorcidas conceitualmente pela própria dinâmica

⁹ No próximo capítulo trataremos com mais profundidade e detalhamento sobre a relação singular-particular-universal como um dos aspectos fundamentais para o método de pesquisa adotado neste trabalho.

contraditória das relações sociais – acentuadas pela alienação em uma sociedade dividida em classes. Se a nossa pesquisa tem a proposta de se envolver com a educação escolar, de início, precisamos situar o papel da escola e de alguns entes que nos ajudarão a compreender a sua dinâmica.

Inserida numa totalidade maior da prática social, Saviani (2011, p. 14) define a escola como “[...] uma instituição cujo papel consiste na socialização do saber sistematizado.”. O saber sistematizado, ao qual se refere Saviani, é aquele que se diferencia do senso comum e se aproxima o máximo do conhecimento científico, artístico e filosófico. Não que devamos desvalorizar os saberes do senso comum, mas, aqui, trata-se de situar o papel da escola em se preocupar com o conhecimento que busca enxergar a realidade para além da aparência imediata. De acordo com Messeder Neto (2015, p. 14), “não é o saber opinativo, da cultura popular, pois esse pode ser adquirido fora dessa instituição. É o saber sistematizado que faz da escola um lugar privilegiado”. Neste sentido, “a escola diz respeito ao conhecimento elaborado e não ao conhecimento espontâneo; ao saber sistematizado e não ao saber fragmentado; à cultura erudita e não à cultura popular” (SAVIANI, 2011, p. 14). A partir dessa perspectiva, a escola tem papel importante no processo de humanização da nossa espécie.

A função do trabalho educativo, de acordo com Saviani (2011):

É o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens. Assim, o objeto da educação diz respeito, de um lado, à identificação dos elementos culturais que precisam ser assimilados pelos indivíduos da espécie humana para que eles se tornem humanos e, de outro lado e concomitantemente, à descoberta das formas mais adequadas para atingir esse objetivo. (SAVIANI, 2011, p. 13).

Nesse aspecto, o trabalho educativo no espaço escolar, além de propiciar, intencionalmente, a elaboração dos conhecimentos sistematizados pela humanidade, também se preocupa com a seleção dos elementos destes saberes que mais contribuem para o processo de humanização do indivíduo. Saviani (2011) comenta que o objetivo fim da escola é, de certa forma, clássico – no sentido não daquilo que esteja ultrapassado, mas no sentido do que é central, primordial e essencial – ou seja, é a promoção da transmissão-assimilação do conhecimento sistematizado ao longo da história da humanidade. Neste sentido, o autor deixa claro que “o clássico não se confunde com o tradicional e também não se opõe necessariamente ao moderno e muito menos ao atual. O clássico é aquilo que se firmou como fundamental, como essencial” (SAVIANI, 2011, p. 14).

Priorizar ou abrir um espaço cada vez maior para os saberes populares dentro da escola pública, ofuscando o local onde deveria se discutir majoritariamente sobre os conhecimentos sistematizados, nos preocupa. Pois, como afirma Messeder Neto (2015), abre-se uma lacuna para a classe trabalhadora, a qual dificilmente será preenchida, já que restringir o conhecimento erudito para qualquer indivíduo implica em limitar a sua emancipação. Neste sentido, Saviani (2011) afirma que:

[...] o acesso à cultura erudita possibilita a apropriação de novas formas por meio das quais se podem expressar os próprios conteúdos do saber popular. [...] a restrição do acesso à cultura erudita conferirá àqueles que dela se apropriam uma situação de privilégio, uma vez que o aspecto popular não lhes é estranho. A recíproca, porém, não é verdadeira: os membros da população marginalizados da cultura letrada tenderão a encará-la como uma potência estranha que os desarma e domina (SAVIANI, 2011, p. 20).

Não devemos perder de vista que são os conhecimentos clássicos que permitem o entendimento da realidade em sua essência, são eles que carregam as máximas abstrações já alcançadas pelo gênero humano. Ou seja, aprender conhecimento clássico é uma condição essencial para entender a realidade e transformá-la. Neste sentido, a escola apresenta-se como uma realidade histórica a ser transformada pela intencionalidade das ações humanas. Há que se considerá-la, sim, sob determinação das condições sociais objetivas, mas, ao mesmo tempo, considerá-la, também, como interveniente em tais condições. Para tanto, o desafio é a *síntese propositiva* de uma teoria que supere, por incorporação, os enfoques pedagógicos que visam a reprodução do *status quo* da sociedade, buscando uma teoria crítica da educação, dado consubstanciado na PHC.

Para que, de fato, a escola tenha sua parcela de contribuição para transformar a sociedade atual, ela deve oferecer à classe trabalhadora o saber erudito, uma vez que os dominados só poderão se emancipar de fato se dominarem o que os dominantes dominam (SAVIANI, 2012). A escola precisa entender o seu papel frente à revolução.

Não concebemos o ato de ensinar como desrespeito, autoritarismo, violência simbólica¹⁰ etc., por parte do professor em relação ao aluno. Pelo contrário, defendemos o ensino dos conteúdos escolares como a essência da educação escolar e lutamos por sua manutenção na escola pública com a devida melhoria. Entendemos que a apropriação por parte dos indivíduos do conhecimento científico, artístico e filosófico através da escola é condição *sine qua non* para a formação de pessoas capazes de deliberar sobre os rumos de sua própria vida e da sociedade no geral.

¹⁰ Termo cunhado por Pierre Bourdieu. Consultar: BOURDIEU, P; PASSERON, J. C. **A reprodução**: elementos para uma teoria do ensino. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1975.

Uma vez situada a educação escolar, agora faremos o mesmo para o papel do professor e os aspectos que este não pode deixar de levar em consideração no trabalho educativo. Neste sentido, é praticamente consenso entre os historiadores críticos de base marxista que a diferença entre o ser humano e a espécie dos demais animais é estabelecida pela capacidade do homem poder realizar trabalho, de modo a adaptar a natureza a si, ou seja, transformá-la, à medida que produz continuamente a sua própria existência. “Entretanto, para produzir materialmente, o homem necessita antecipar em ideias os objetivos da ação, o que significa que ele representa mentalmente os objetivos reais” (SAVIANI, 2011, p. 12). Para realizar suas atividades de produção daquilo que é material, o homem passou a desenvolver técnicas racionais cada vez mais elaboradas, assim como a necessidade de propagá-las entre as gerações. O desenvolvimento da humanidade e sua complexidade levaram à criação de uma nova categoria de trabalho, uma que não lida diretamente com a produção material, mas sim intelectual, ou seja, um trabalho não material. “Trata-se aqui da produção de ideias, conceitos, valores, símbolos, hábitos, atitudes, habilidades. [...] a educação situa-se nessa categoria do trabalho não material” (SAVIANI, 2011, p. 12).

Leontiev (1978b) já nos alertava que a apropriação dos objetos da cultura material e intelectual, historicamente acumulados pelo homem, não se dão espontaneamente, mas num processo de aproximação sistemática e intencional no qual são reproduzidos nos indivíduos os atributos e a atividade condensada no objeto da cultura, num processo de intensa comunicação entre aquele que já domina o objeto a ser apropriado e aquele que busca dominar o objeto. Em outras palavras, o processo que em nossa sociedade denominamos educação.

Na escola, o trabalho educativo desenvolvido pelo professor, além de levar em consideração a seleção do conteúdo relevante para a humanização das gerações futuras, também deve se preocupar com as formas mais adequadas para atingir o objetivo: a transmissão da cultura sistematizada ao longo da história da humanidade. Ou seja, há de se preocupar concomitantemente com forma, conteúdo e destinatário. O papel do professor nos processos de ensino do conhecimento sistematizado, o qual será desenvolvido na escola, é muito importante, pois precisamos compreender que tudo aquilo que não é dado de forma direta pela natureza é produzido pela humanidade, e nisso incluem-se os próprios homens. Além do mais, não podemos deixar de mencionar sobre outros aspectos importantes que devem ser considerados no processo de ensino de modo geral, como: as condições socioculturais, socioeconômicas, as condições reais e concretas de cada indivíduo. Ou seja, o

caráter de totalidade não pode ser deixado de lado dentro de uma concepção pedagógica a favor da classe trabalhadora.

No que se refere à prática pedagógica (didática) como a concebemos, ela está longe de ser um receituário do que fazer para uma atividade pedagógica prática e direta. Ao contrário, a didática, baseada nos fundamentos histórico-crítico, pode ser entendida como um método pedagógico, isto é, um conjunto articulado de fundamentos que são responsáveis pela estrutura de toda organização e desenvolvimento do trabalho educativo, visando orientar o agir do professor na apreensão das múltiplas determinações constitutivas da dinâmica, dos processos e das contradições da relação que existe entre o ensino e a aprendizagem (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Neste sentido, Galvão, Lavoura e Martins (2019) propõem cinco fundamentos da didática histórico-crítica. O primeiro diz que *a didática histórico-crítica caracteriza-se por uma atividade cuja dimensão ontológica não pode ser desconsiderada*. Deste modo, os autores apontam a necessidade da compreensão do trabalho educativo como uma atividade humana e, portanto, como um campo de compreensão mais amplo da realidade global e não como meros procedimentos. Isto é, devemos pensar, por exemplo: Qual o tipo de educação e sociedade que temos? Qual o tipo de sociedade que queremos? Como a minha prática pedagógica, no ensino de Química, pode contribuir para a superação desta forma de sociabilidade? Tendo em vista isso, cada professor em sua área de conhecimento e disciplina curricular deve identificar os elementos que compõem a estrutura de dinâmica e funcionamento de sua prática docente, delimitando a finalidade do ensino, seu objetivos, bem como as possíveis ações e operações a serem realizadas para a efetiva incorporação dos instrumentos culturais transmitidos.

O segundo fundamento diz que *uma didática histórico-crítica assume dialeticamente a transmissão de conhecimentos como núcleo essencial do método pedagógico*. Este fundamento entende a categoria de transmissão – dos conceitos sistematizados – como algo central no método pedagógico, pois visa produzir em cada indivíduo singular a humanidade que é elaborada pelo conjunto dos seres humanos. Deste modo, para ficar mais claro:

[...] é o ato de transmissão que se configura como unidade concreta do método pedagógico sintetizando o momento de socialização do saber escolar que precisa ser incorporado pelos alunos na educação escolar (*instrumentalização*), ao mesmo tempo possibilitando que cada aluno seja capaz de identificar os problemas centrais (*problematização*) existentes no conjunto das relações sociais humanas (*prática social como ponto de partida e de chegada*), problemas estes que necessitam ser superados, o que por sua vez só é possível quando ocorre a efetiva assimilação e incorporação de tais instrumentos culturais promovendo mudanças qualitativas no

modo e na forma de ser dos indivíduos (*catarse*) (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 143, grifos dos autores).

O próximo fundamento, o terceiro, diz que *a didática histórico-crítica exige professores com pleno domínio do objeto do conhecimento a ser ensinado aos alunos*. Na concepção teórica que este trabalho adota, o conhecimento da realidade e a sua compreensão de forma crítica não é um processo adquirido na imediaticidade, muito menos é algo proveniente da iluminação súbita da consciência ou uma graça divina. Neste sentido, para compreender a realidade de forma crítica, é necessário passar pela apropriação de conhecimentos, sem os quais não seria possível. Deste modo, quanto mais saturado o pensamento do aluno estiver com as determinações e as mediações reais dos conteúdos que expressam as formas de ser do objeto do conhecimento, melhor terá sido o processo de ensino (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Contudo, este fundamento da didática chama a atenção para a importância de o professor possuir pleno domínio do conteúdo, por exemplo, da Química Orgânica nas suas máximas determinações, garantindo assim a possibilidade do desenvolvimento do pensamento crítico no aluno através dele.

O quarto fundamento nos diz que *a didática histórico-crítica é determinada por uma concepção ampliada de eixo e de dinâmica do ensino pautada na lógica dialética*. De acordo com os escritos do Coletivo de Autores (2012), há a necessidade de organizar e desenvolver um ensino que seja pautado unicamente na lógica dialética, para que este seja capaz de proporcionar aos alunos uma reflexão pedagógica ampliada da prática social, verdadeiramente comprometida com seus interesses e necessidades históricas. O eixo do ensino, nesta perspectiva, é aquele capaz de promover saltos de desenvolvimento da lógica do pensar do aluno, saltos estes delimitados em torno das necessidades, seja de constatação, interpretação, compreensão e explicação da realidade social (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). O eixo de ensino, também, está relacionado com uma prática pedagógica que leve o aluno às sucessivas aproximações com o objeto de estudo, constituindo em um processo de ensino que, à medida que se aprofunda no conteúdo, vai ampliando e elevando a consciência do aluno sobre a realidade, em uma ascensão em forma de espiral. Já o que entendemos por dinâmica de ensino, de acordo com as autoras anteriormente citadas, é o conjunto articulado de três elementos do processo de ensino e aprendizagem, os quais são: a) o trato com o conhecimento, que está relacionado com o modo lógico e metodológico de seleção, organização e sistematização do conhecimento; b) a organização escolar, que se refere ao espaço e tempo do processo de ensino (estrutura da escola, tempo de aula, equipamentos

didáticos, laboratórios, etc.); c) a normatização escolar, que compreende as leis, normas, regimes e orientações político-pedagógicas.

O último fundamento apontado por Galvão, Lavoura e Martins (2019) é que *a didática histórico-crítica reconhece o ensino e a aprendizagem como percursos lógico-metodológicos contraditórios e inversos, no interior de um único e indiviso movimento*. Neste sentido, o aluno se institui como aquele que aprende, ou seja, assume a posição de aprendiz e tem como horizonte imediato a realidade empírica na sua forma mais simples e aparente. Porém, no fim dos processos que envolvem o ensino e a aprendizagem, espera-se chegar à apropriação de conhecimentos sistematicamente elaborados (artes, ciências, filosofia etc.), e, para isso, é fundamental a figura do professor assumindo o lugar da pessoa mais desenvolvida psiquicamente, para conduzir o aluno a uma nova e superior relação com o objeto do conhecimento. Deste modo, pressupõe-se que o aluno parte de níveis de conhecimento mais baixos, enquanto o professor parte de níveis de conhecimento mais elevados. Logo, é função do professor ir até os níveis de conhecimento mais baixos, onde se encontra o aluno, e conduzi-lo até as formas mais elaboradas do saber através de uma lógica dialética.

Tendo em vista o que foi discutido, podemos afirmar que a concepção de princípios didáticos gerais só é possível tomando como aporte teórico a visão de mundo de que a realidade é material e independente da consciência humana. Nesse sentido, encontrar a essência do fenômeno do ensino das representações estruturais dos compostos orgânicos possibilita a generalização em princípios norteadores desta prática pedagógica.

Kosik (2002) nos ensina que:

[...] a realidade não se apresenta aos homens, à primeira vista, sob o aspecto de um objeto que cumpre intuir, analisar e compreender teoricamente, cujo polo oposto e complementar seja justamente o abstrato sujeito cognoscente, que existe fora do mundo e apartado do mundo; apresenta-se como o campo em que se exercita a sua atividade prático-sensível, sobre cujo fundamento surgirá a imediata intuição prática da realidade (KOSIK, 2002, p. 13-14).

De acordo com o mesmo autor (KOSIK, 2002), para entendermos algo, precisamos compreender sua dinâmica interna e sua estrutura e, à vista disso, fazemos este mesmo movimento para a linguagem da Química Orgânica. Assim, compreender e se apropriar das representações estruturais dos compostos orgânicos, os quais fazem parte da linguagem da química, perpassa pela atividade prático-sensível imbuída teoricamente sobre os fenômenos químicos da realidade.

A química, em seu processo de desenvolvimento como ciência, demandou a criação de um conjunto de signos específicos que culminou em uma linguagem química, estes com a

função de compreensão da própria ciência e na comunicação entre àqueles que se envolviam com os trabalhos da área. Neste sentido, os produtos do seu trabalho objetivam-se como legados culturais e são considerados como clássicos, já que possibilitam o desenvolvimento intelectual do indivíduo como ser humano, elevando o seu psiquismo. Ainda assim, acreditamos que os conhecimentos químicos, que passam pela apropriação da sua linguagem, são de suma importância para o trabalho pedagógico.

O processo de elaboração desta pesquisa envolveu um esforço na tentativa de elucidar de forma coerente as bases ontológicas e epistemológicas que pautamos o trabalho pedagógico para compreender os aspectos essenciais ligados ao ensino da química orgânica e o seu movimento. Desta forma, a escolha para a exposição desta pesquisa também está em total acordo com o método de análise que toma como premissa. Assim, desde o início, para que não cause estranheza no leitor por uma exposição que foge do hegemônico nas pesquisas acadêmicas, descrevemos brevemente os capítulos que seguem.

Começaremos, no capítulo *Olhando para o mundo além da sua aparência: o método de pesquisa*, tratando sobre o método de pesquisa dentro do materialismo histórico dialético, mostrando as características essenciais para se compreender a análise da realidade segundo esta visão de mundo. Concepção esta que perpassa por todo o trabalho. Para uma melhor compreensão, tomaremos como exemplo de aplicação do método o estudo da economia política, feito pelo próprio Marx, e o estudo da psicologia, feita por Vigotski e seus contribuidores, mostrando o movimento que esse método faz para compreender a realidade para além da aparência.

No capítulo seguinte, *A plena humanização e atividade escolar na perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural*, trataremos sobre a elaboração e o desenvolvimento da linguagem nos seus aspectos filogenético, na elaboração histórica, e ontogenético, na apropriação individual. Deste modo, faremos um movimento da elaboração da linguagem mais primitiva na fala até as representações simbólicas mais elaboradas com a escrita. Além disso, discutiremos, de modo geral, os processos para a plena humanização dos indivíduos, a partir de atividades escolares que proporcionem o desenvolvimento.

Logo depois, no capítulo *A representação estrutural de compostos orgânicos: um olhar histórico e epistemológico*, trataremos dos aspectos essenciais para se compreender o objeto, de acordo com o método de análise do materialismo histórico e dialético. Desta forma, faremos uma apreensão histórica da elaboração e do desenvolvimento das representações dos

compostos orgânicos, buscando compreender a sua unidade mínima, que detém o essencial para explicar os fenômenos, e as contradições existentes no objeto.

Por fim, no capítulo *Princípios didáticos gerais para o ensino das representações dos compostos orgânicos*, elaboramos uma síntese do estudo feito, apontando os aspectos essenciais sistematizados como princípios didático-pedagógicos gerais orientadores do ensino das representações dos compostos orgânicos para o Ensino Médio, contribuindo com as professoras e os professores de Química que buscam pensar neste objeto através de uma teoria de base revolucionária.

Contudo, entendemos que essa pesquisa está a favor da transformação social e, como já evidenciado, temos a intenção de contribuir para que o professor veja além das aparências, tanto na sala de aula quanto no meio acadêmico. Neste sentido, esta pesquisa parte dos pressupostos teóricos da PHC porque é defensora de uma escola pública que ensine os conhecimentos historicamente acumulados e elaborados socialmente, aliada a uma concepção política da superação da exploração do homem pelo homem, fator proporcionado pelo capitalismo. Dessa forma, sabendo que indivíduos concretos e reais serão os únicos responsáveis pelas transformações estruturais da sociedade, as nossas bases ontológicas e epistemológicas atuam no sentido de instrumentalizar a escola e os educadores para que efetivem uma educação sistematizada e de aproximação aos conhecimentos clássicos. Pois, é através da apropriação desses conhecimentos que esses mesmos indivíduos serão capazes de estabelecer uma relação crítica com a realidade e apontar objetivos revolucionários coletivamente.

2 OLHANDO PARA O MUNDO ALÉM DA SUA APARÊNCIA: O MÉTODO DE PESQUISA

Colocamos um capítulo separado dos demais para tratar do método desta pesquisa, não de forma aleatória, mas por entender a sua importância no desdobramento e no entendimento de todo o movimento teórico que realizaremos. O método, para nós, não é meramente um conjunto de técnicas de coleta de dados, de alguns registros e tratamento desses dados. Sabemos da importância das técnicas, mas elas não são suficientes para dar conta da complexidade que é o trabalho de um pesquisador. Gamboa (1996) nos diz que:

O método, ou o caminho, do conhecimento é mais amplo e complexo. Por sua vez, um método é uma teoria de ciência em ação que implica critérios de cientificidade, concepções de objeto e de sujeito, maneiras de estabelecer essa relação cognitivista e que necessariamente remetem a teoria de conhecimento e a concepções filosóficas do real. Essas diversas concepções dão suporte às diversas abordagens utilizadas nas construções científicas e na produção de conhecimentos (GAMBOA, 1996, p. 7).

Logo, o método de pesquisa deve compor uma teoria científica que deixe claro a concepção de sujeito, de objeto e de natureza do pesquisador, quais são as suas premissas relevantes à compreensão do trabalho, qual a lógica de pensamento que se deve seguir para a compreensão do trabalho e da realidade. Esses aspectos não devem ser deixados de lado e muito menos ser tácitos em uma pesquisa científica, eles precisam ser explanados, mesmo que não seja profundamente.

Na introdução deste trabalho, apresentamos quais as bases teóricas que dão suporte ao nosso estudo de modo geral: a Pedagogia Histórico-Crítica (com uma breve explanação) e a Psicologia Histórico-Cultural (apenas com citação, uma vez que trataremos especificamente dela no próximo capítulo). Tanto a teoria pedagógica quanto a psicológica comungam de uma mesma concepção de mundo, da mesma filosofia.

Situar esse trabalho na sua base filosófica é relevante, pois concebemos que nas ciências não há neutralidade e, por isso, o produto do processo de pesquisa atende a finalidades distintas, o que corresponde a diferentes visões de ser humano e de mundo por parte dos pesquisadores. Essas finalidades podem ter um cunho revolucionário, visando à transformação da ordem social vigente e apontando para uma nova ordem, ou reacionário, promovendo a propagação desse modo de sociabilidade capitalista que, por vez, até apresenta algumas críticas, mas não aponta meios para superá-la (BERNARDES, 2010). Nesse sentido,

nos colocamos do lado revolucionário da prática social, pois nos predispomos em desenvolver um trabalho de pesquisa que contribua de algum modo para a transformação da sociedade.

Sobre os referenciais já citados na introdução, encontramos na psicologia histórico-cultural uma teoria de desenvolvimento humano que o entende como produzido a partir de relações sócio-históricas, e suas habilidades se formam a partir da apropriação das conquistas da humanidade. Trata-se, portanto, de assumir uma teoria que garanta a coerência interna do trabalho e as concepções que o pesquisador carrega consigo. Nesse caminho, já que o nosso objeto perpassa pelo ensino, fez-se necessário, de antemão, compreender os processos de como um sujeito se apropria de conceitos científicos, a partir de uma teoria psicológica coerente com os pressupostos revolucionários.

Debruçamo-nos em pesquisar, entender e aprofundar como a psicologia histórico-cultural concebe o processo de desenvolvimento dos sujeitos, tendo como um dos determinantes a apreensão do conhecimento científico, sem desconsiderar as múltiplas determinações que constituem esse processo.

Quando pensávamos em pesquisar sobre a linguagem da química orgânica, era coerente fundamentar o trabalho a partir dos escritos de Vigotski, visto que esse autor desenvolveu uma teoria que, para nós, é a que mais explica a realidade da psique humana na sua totalidade, principalmente sobre os processos que envolvem linguagem. No entanto, o objeto nos conduziu a estudar outros aspectos da psicologia histórico-cultural, os quais se tornaram fundamentais para a sua compreensão, como: a teoria da atividade, pensamento empírico-pensamento teórico e entre outros escritos de autores soviéticos que contribuíram para esse arcabouço teórico.

Os estudos teóricos, por exemplo, nos conduziram a compreender que os sujeitos se apropriam da ciência, assim como de outros conhecimentos, quando são colocados em atividade. Essas atividades, quando não alienantes, podem promover desenvolvimento psíquico nos variados períodos da vida do sujeito.

Já no que diz respeito à PHC, tomá-la, também, como embasamento teórico foi por considerar que, a partir dessa teoria, seria possível compreender o papel do trabalho pedagógico e seu processo de forma concreta. Além disso, ela concebe que a escola precisa ser um espaço comprometido com a classe trabalhadora, visando instrumentalizá-la para superar o modo de sociabilidade capitalista, a partir de uma educação que leva em consideração as multideterminações dos indivíduos que comungam desse espaço escolar.

Foi através do processo de síntese entre essas duas teorias que, sem perder de vista “o que ensinar” (representações estruturais de compostos orgânicos), “como ensinar” (a questão de pesquisa) e “a quem ensinar” (alunos concretos multideterminados), pudemos sistematizar proposições didáticas para o ensino desse conteúdo químico.

Alguns pesquisadores adotam como referencial os trabalhos de Vigotski e Saviani, sem necessariamente entenderem da base teórico-metodológica marxista, o que possivelmente pode descaracterizar os trabalhos desenvolvidos por esses autores. Não é preciso ser marxista para entender as teorias de Vigotski e Saviani, mas é preciso entender minimamente dos pressupostos do marxismo para compreendê-las. Além disso, não se pode negar que a psicologia e a pedagogia desses autores se sustentam nos pressupostos mais gerais do materialismo histórico-dialético elaborado por Marx e Engels. Desse modo, sem um entendimento mais geral desses fundamentos, a compreensão profunda do *corpus*, tanto da PsiHC quanto da PHC, pode ficar comprometida.

A escolha do materialismo dialético, como pressuposto teórico-metodológico para nosso trabalho, ocorreu devido à visão de

superação das condições instituídas na realidade para além da crítica aos elementos próprios da sociedade, buscando identificar, na historicidade dos fenômenos estudados, as condições necessárias para que a potencialidade do gênero humano se objetive na individualidade dos sujeitos (BERNARDES, 2010, p. 300).

Nesse sentido, estudar o desenvolvimento do ser humano, na sua prática social, está atrelado diretamente às condições objetivas da sua vida em sociedade. Desse modo, entendemos que o método de pesquisa que adotamos é o mais coerente para que pudéssemos chegar ao objetivo.

Por isso, veremos nos próximos capítulos a busca pela compreensão do processo de constituição da individualidade dos sujeitos, a qual tem como base o processo de apropriação dos objetos e fenômenos da prática social, levando em conta as condições materiais reais desses sujeitos, sem perder de vista os variados aspectos da sua formação como indivíduo. Tudo isso, a partir da compreensão do movimento histórico e apontando para a superação desse modo de sociabilidade que condiciona os filhos da classe trabalhadora a serem explorados e desumanizados.

De antemão, é importante situar o leitor para a concepção de *sujeito* que adotamos, a partir do mesmo arcabouço teórico anteriormente citado. É consenso para aqueles que adotam a perspectiva do MHD de que os seres humanos se diferenciam dos demais animais devido à capacidade que temos de transformar a natureza ao nosso redor de acordo com o nosso

propósito, ou seja, realizar trabalho. Enquanto os outros animais vivem quase que exclusivamente segundo as condições que lhes são dadas e só podem reproduzir de acordo com as leis da natureza. Os seres humanos passam da sua dependência total às mudanças biológicas transmitidas hereditariamente e das condições imediatamente dadas da natureza para serem condicionados às leis sócio-históricas produzidas por eles próprios, imersos no ambiente que os cerca.

Como um ser social, o homem se diferencia dos outros animais no seu processo evolutivo a partir do momento que realiza trabalho, de acordo com Marx e Engels (2009). Pois é a partir do trabalho que ele passa a produzir os seus meios de subsistência e passa a não depender unicamente daquilo posto pela natureza de forma imediata. Nessa perspectiva, entende-se o trabalho como uma ação consciente, previamente idealizada. E é nesse ponto que, nos escritos de Marx, o trabalho se configura como o fundante do ser social. Pois à medida que o homem modifica a natureza para atingir a sua subsistência, ele modifica a si mesmo em termos psíquicos. Nas palavras do próprio Marx:

Uma aranha executa operações semelhantes às do tecelão e uma abelha envergonha muitos arquitetos com a estrutura de sua colmeia. Porém, o que desde o início distingue o pior arquiteto da melhor abelha é o fato de que o primeiro tem a colmeia em sua mente antes de construí-la com a cera. No final do processo de trabalho, chega-se ao resultado que já estava presente na representação do trabalhador no início do processo, portanto, um resultado que já existia idealmente (MARX, 2013, p. 256).

Nesse mesmo sentido, a prévia ideação para a realização do trabalho modifica-se ao trabalhar e transforma o trabalhador, abrindo um leque para novas projeções. Isso quer dizer que a consciência humana vai ficando cada vez mais elaborada e complexa à medida que realiza trabalho, abrindo possibilidades para o desenvolvimento não só de ideias que busquem a subsistência, mas também para além delas como a arte, ciência, política, filosofia e religião.

De acordo com Kosik (2002), o ser humano é um sujeito histórico real que:

[...] no processo social de produção e reprodução cria a base e a superestrutura, forma a realidade social como totalidade de relações sociais, instituições e ideias; e nesta criação da realidade social objetiva cria ao mesmo tempo a si próprio, como ser histórico e social, dotado de sentidos e potencialidades humanas e realiza o infinito processo da “humanização do homem” (KOSIK, 2002, p. 61).

O ser humano, então, se constitui como tal a partir da sua atividade essencialmente social de produzir e reproduzir a sua existência de forma sempre coletiva. Deste modo, mesmo quando aparentemente se trata de uma atividade individual, essencialmente, ela sempre é coletiva. Nesse sentido, defendemos a relevância de situar a nossa concepção de

sujeito que é completamente distinta do sujeito cada vez mais individualizado pelo modo capitalista de sociabilidade. Ainda assim, acrescentamos que na educação escolar, assim como em outros âmbitos da sociedade, precisamos retomar o sentido real de coletividade que nos fez humanos para que, então, possamos lutar contra a classe dominante que sempre pretende nos desumanizar através de uma propagação falsa de que o ser humano é individualista por natureza.

Para a superação do modo de produção capitalista se faz necessário, dentre outros aspectos, a apropriação e compreensão dos objetos e fenômenos da realidade, para sabermos tomar decisões conscientes. Nesse sentido, consideramos nesta pesquisa que a possibilidade de desenvolvimento do intelecto do sujeito se dá a partir das interações sociais promovidas nas atividades humanas em geral. O desenvolvimento, por sua vez, perpassa pela apropriação do conhecimento que foi elaborado historicamente, como parte da produção humana pelos sujeitos, e é um elemento necessário para o processo de superação da alienação (BERNARDES, 2010).

No entanto, o acesso à produção material e ideal, em geral, é restrita à classe dominante. Desse modo, a posição política que assumimos durante todo o trabalho de pesquisa é a de fornecer conhecimento como um dos instrumentos necessários à revolução para a classe trabalhadora através do processo de educação. Para que as objetivações humanas desenvolvidas ao longo da história sejam apreendidas pelas gerações futuras, é necessário o trabalho educativo para proporcionar a formação do indivíduo. De acordo com Martins (2007, p. 43): “para que os indivíduos se objetivem como seres humanos, é preciso que se insiram na história. Essa inserção se dá pela apropriação das objetivações”, que são o acúmulo daquilo que foi produzido ao longo da história da humanidade. E é papel da escola fornecer para as gerações futuras as objetivações *para-si*¹¹, as quais se referem aos rudimentos da ciência e das artes, expressões que são do gênero humano (DUARTE, 2007).

O trabalho educativo, então, perpassa pela transmissão de conhecimento. E o processo de conhecer a realidade como ela é verdadeiramente foi desenvolvido por Marx e Engels em um método que se configura como a “expressão do movimento lógico do pensamento em diferentes graus de determinações e de desenvolvimento, permitindo apreender a realidade objetiva na forma de um reflexo ideal” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 63).

¹¹ Termo utilizado por Newton Duarte, baseado na teoria da vida cotidiana de Agnes Heller, para designar as objetivações humanas genéricas, aquilo que foi produzido pela humanidade e que é fundamental para a humanização das gerações futuras. Consultar: DUARTE, N. **Educação escolar, teoria do cotidiano e a escola de Vigotski**. 4. ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

Nesse momento, surge a questão: como professores de química, de que forma podemos proporcionar aos estudantes serem capazes de desvelar a realidade na sua essência, a partir do ensino das representações estruturais de compostos orgânicos?

Na perspectiva do MHD, defende-se como premissa do método de pesquisa a necessidade de compreender o objeto ou fenômeno na sua prática real. Os objetos e fenômenos da realidade existem de forma objetiva, ou seja, possuem existência independentemente do conhecimento e da consciência dos seres humanos. Cabe a nós, através da investigação, a compreensão das leis existentes que regem o mundo material (o que também inclui as relações sociais humanas), como nos diz Martins e Lavoura (2018):

Independente do conhecimento e da consciência humana sobre tal, os elementos constitutivos da prática social existem, são reais e possuem uma estrutura e dinâmica interna de funcionamento efetivo a qual pode ser apreendida pela consciência humana por meio, especialmente, da atividade de investigação científica. Decorre daí a necessidade da ciência na prática humana (MARTINS; LAVOURA, 2018, p. 225).

Nesse sentido, homens e mulheres apreendem a realidade através de um método de investigação que possibilite chegar à compreensão e explicação da essência dos objetos e fenômenos, o que lhes auxiliam no agir no mundo. Nesta perspectiva, entendemos que “a realidade é cognoscível e que conhecemos efetivamente o objeto, não pela sua empiria imediata, mas pela mediação teórica que fazemos dessa empiria” (MESSEDER NETO, 2015, p. 155). É por meio da análise do objeto em sua materialidade, procurando suas determinações e sua essência, através da abstração, até atingir uma síntese teoricamente embasada, que conhecemos de fato as coisas.

Dois aspectos merecem ser esclarecidos e introduzidos neste momento. O primeiro é que entendemos por *essência* o produto do modo pelo qual o homem produz sua própria existência, quando o homem considera as manifestações de sua própria existência como algo desligado dela, ou seja, como algo independente do processo que as produziu. Isto significa que, apesar dele estar vivendo em um mundo real, a sua percepção sobre o mundo é superficial e abstrata. Ele toma como essência aquilo que é apenas fenômeno, isto é, aquilo que é apenas manifestação da essência. A essência de fato está na estrutura interna, nas contradições, nas multideterminações, na dinâmica, nas leis gerais e na historicidade do objeto/fenômeno. Como já evidenciado anteriormente e cabendo a ênfase aqui, os traços essenciais são expressões de leis gerais e universais que regem o objeto, que possibilitam explicar não somente aquilo que é dado imediatamente, mas de todo um conjunto de fenômenos.

O segundo aspecto é sobre o *critério da verdade*. Para o marxismo, a prática é o critério de verdade. De acordo com Kopnin (1978, p. 164) isso se dá porque “a concepção marxista da verdade incorpora antes de tudo a tese da objetividade desta”. Desse modo, “a verdade é subjetiva como conhecimento humano (precisa ser apropriada pelos indivíduos) e objetiva como conteúdo do conhecimento (independe da consciência dos sujeitos para existir)” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 68). Esse aspecto merece destaque devido aos tempos de pós-verdade que vivemos, cuja verdade vem sendo tratada de modo que cada sujeito possui a sua – independente da realidade objetiva, independente da prática coletiva e histórica. Por isso, reforçamos que a verdade independe da consciência dos seres humanos, pois é conteúdo do conhecimento da realidade. Assim sendo, compreender a realidade verdadeiramente significa reproduzi-la no pensamento através de um método de conhecimento fidedigno.

Conhecer um determinado objeto ou fenômeno, para o MHD, é reproduzir no plano do pensamento o movimento real deles. Entendendo reprodução não como uma imagem fotográfica, espelhamento imediato ou transposição mecânica, mas sim como uma reconstrução, no pensamento, daquilo que se passa na realidade, como processualidade histórica e dinâmica, características que são essenciais da realidade. Nesse sentido, conhecer, compreender e se apropriar dos objetos e fenômenos da realidade vai além daquilo que está imediatamente posto para o sujeito. Desse modo, “o conhecimento do real não pode se limitar àquilo que é imediatamente dado, pensado ou sentido. Se o pensamento se limita a isso, ele se põe no nível da obviedade, restringe-se a captar o evidente” (MARTINS; LAVOURA, 2018, p. 226).

Para o método em questão, pressupõe-se a superação do nível empírico do conhecimento (aquilo que é dado na sua imediatez) e ir à direção do concreto do real (a essência do objeto/fenômeno de estudo). Logo, essa superação se dá por meio da análise e da abstração do pensamento do pesquisador. Esse caminho lógico-metodológico não descarta a empiria, mas a incorpora e aponta para capturar aquilo que é mais essencial do objeto em estudo, sua lógica interna de funcionamento, sua estrutura e sua dinâmica¹².

De acordo com o MHD, a abstração é uma função do pensamento que permite isolar e examinar um determinado elemento extraído do fenômeno ou objeto de estudo, isto é, para compreender as variadas determinações que ele está sujeito, por meio da saturação da análise. Nesse sentido, apreender um fenômeno/objeto como sendo uma síntese de múltiplas

¹² No próximo capítulo dedicaremos um item somente para a discussão do processo de superação do pensamento empírico ao pensamento teórico, o que pode aclarar o leitor sobre esse tema.

determinações significa apreendê-lo na sua complexidade, nos seus variados condicionantes, nas suas variadas relações que comportam sua existência objetiva. Investigar um objeto olhando para suas múltiplas determinações é buscar a lógica de sua existência, pois elas carregam os traços essenciais da sua dinâmica e estrutura fundante e de funcionamento. De acordo com Oliveira (2005), buscar apenas identificar, classificar e caracterizar os elementos do fenômeno/objeto por si mesmo e em suas especificidades se mostra insuficiente para apreender a realidade em sua dinâmica, processo e movimento.

Por isso, uma das nossas defesas é a do estudo da historicidade do objeto/fenômeno, pois a história nos mostra o processo, a dinâmica, o movimento e os variados condicionantes que constituem a essência. Nesse sentido, concordamos com Vygotski (1995) quando escreve:

Estudar algo historicamente significa estudá-lo em movimento. Esta é a exigência fundamental do método dialético. Quando numa investigação se abarca o processo de desenvolvimento de algum fenômeno em todas as suas fases e mudanças, desde que surge até que desapareça, isso implica manifestar sua natureza, conhecer sua essência, já que somente em movimento demonstra o corpo que existe. Assim, pois a investigação histórica da conduta não é algo que complementa ou ajuda o estudo teórico, mas consiste seu fundamento. (Vygotski, 1995, pp. 67-68)

O entendimento desse processo de conhecer a realidade na sua essência, a qual perpassa pelo estudo do movimento histórico, nos levou a pesquisar sobre o processo de elaboração, constituição e consolidação das representações estruturais. Como professores, precisamos compreender a dinâmica do nosso objeto de conhecimento desde a sua criação até as formas mais elaboradas, para podermos organizar a nossa prática de ensino de forma consciente.

Saber, a partir da história, as necessidades, as contradições, as críticas, a elaboração e o desenvolvimento das representações estruturais dos compostos orgânicos se tornou caminho indispensável para que pudéssemos compreender a essência desse objeto. E, somente a partir dessa compreensão, foi possível selecionar o que é fundamental e o que é secundário para, assim, estruturar “o que fazer”, em termos didáticos, a fim de proporcionar aos estudantes os caminhos necessários ao desenvolvimento da sua psique, de modo que ele possa olhar os fenômenos para além da sua aparência.

Encontramos trabalhos que foram cruciais para a compreensão da dinâmica histórica das representações (ANDRADE NETO; RAUPP; MOREIRA, 2009; ARAÚJO NETO, 2007, 2009; BELTRAN, 2013; CAMEL, 2010; CAMEL; KOEHLER; FILGUEIRAS, 2008; CEDRAN, 2015; CEDRAN; SANTIN FILHO, 2019; NOGUEIRA; PORTO, 2019; RAMBERG, 2003; RAUPP; PINO, 2015; SILVA; FONSECA; FREITAS, 2018), os quais

tratavam desde a especificidade das representações dos compostos até assuntos que nos pareciam primordialmente tangenciais, como a constituição da concepção de valência e a concepção atômica da matéria, no entanto, no decorrer do estudo, tornaram-se relevantes para a compreensão do movimento do todo.

No que se refere ao processo de abstração, em seus escritos Marx (2011) afirma que o verdadeiro conhecimento científico é o que se dá por meio da ascensão do abstrato ao concreto. Isso significa que o conhecimento concreto real é aquele que capta o conjunto de nexos e relações entre os elementos distintos que constituem a totalidade do objeto/fenômeno. Esse processo possibilita compreender aquilo que está sendo investigado na sua totalidade, num movimento lógico próprio da dialética – que vai do todo às partes e das partes ao todo, constantemente. Nesse sentido, de acordo com Lukács (2013), conhecer a totalidade não é conhecer tudo do objeto em estudo, mas apreender a sua lógica interna e que determina essa totalidade a partir das variadas determinações.

Ainda assim, é importante evidenciar que o objeto/fenômeno investigado é portador de variadas determinações, mas é o pensamento que as reproduz idealmente. Deste modo, quanto mais se satura um objeto de determinações, mais ele se concretiza. Para o sujeito, o objeto conhecido na sua dinamicidade e processualidade, saturado de determinações, torna-se cada vez mais concreto, um concreto pensado (KOSIK, 2002). Diferentemente, um objeto abstrato é aquele desconhecido, ou conhecido apenas superficialmente, sem compreender a sua verdadeira essência. Por isso, no MHD, o conhecimento da realidade se dá pela ascensão do abstrato (desconhecido, caótico, superficial, empírico, imediato) ao concreto (pensado, multideterminado, analisado, histórico, dinâmico, processual).

Outro aspecto importante do método em questão é que a investigação e o processo de conhecimento em geral se dão através do enriquecimento do pensamento do sujeito que pesquisa ou aprende. Esse enriquecimento de informações para o sujeito não ocorre de maneira linear ou de uma só vez, de modo a esgotar cada elemento do objeto/fenômeno em estudo, mas sim em um processo de sucessivas aproximações. Isso porque as variadas determinações não estão isoladas entre si, para que possamos esgotar cada uma por vez, mas estão articuladas dentro da totalidade do objeto. Deste modo, o conhecimento do objeto se dá a partir da complexificação gradual das partes articuladas, como se fosse uma espiral ascendente¹³.

¹³ É preciso compreender isso para que o leitor não ache o texto repetitivo. O que ocorre, na verdade, é que vamos articulando os elementos, conceitos e aspectos deste trabalho de modo mais simples, inicialmente, e se complexificando gradualmente em sucessivas aproximações, de acordo com o materialismo histórico-dialético.

Nesse aspecto, no processo da síntese deste trabalho, levamos em consideração que o ensino das representações estruturais não deve ser pautado no esgotamento dos elementos que compõe esse conhecimento, mas que o movimento deve começar da unidade mais simples, capaz de explicar os fenômenos, e ir sendo enriquecido de determinações e informações. Isto é, devemos pautar o ensino a partir da estrutura da propanona, por exemplo, fazendo sua relação com os fenômenos macroscópicos (volatilidade, solubilidade, ponto de ebulição, entre outro), de modo que essa relação submicro-macro seja entendida como unidade mediada pela representação. Essa unidade vai sendo cada vez mais enriquecida de informações e determinações. Esse caminho é contrário ao ensino pautado no esgotamento das características do elemento carbono, por exemplo, que compõe a estrutura, mas não constitui como a unidade mínima de análise e deve ser considerado em segundo plano. Esse processo demonstra uma ascensão do entendimento da realidade concreta gradualmente, a partir de sucessivas aproximações. O caminho do esgotamento dos elementos individuais que não compõem a unidade essencial nos pareceu equivocado, por não explicar os fenômenos interligando o nível macroscópico e submicroscópico da realidade.

Um ponto importante na compreensão do MHD é: a lógica dialética não é excludente, uma vez que incorpora a lógica formal e vai além, ou seja, incorpora e aponta para sua superação. A lógica formal, de acordo com Novack (2005), possui três princípios básicos: identidade, não contradição e exclusão do terceiro caso. O princípio da identidade é a ideia de que uma coisa é sempre igual a si mesma. Essa lei é importante, pois permite comparar, classificar e explicar aspectos do mundo. Entretanto, a lei da identidade possui a limitação de não admitir contradições. Desse modo, o objeto é o que é de maneira fixa, invariável e unilateral. Aquilo que é sempre idêntico a si mesmo, e nada mais além, não pode ser alterado e deve, por definição, ser imutável (NOVACK, 2005).

O segundo princípio, da não contradição, vincula-se com o primeiro de modo que: “se uma coisa é sempre idêntica a ela mesma, esta não pode pertencer também a algo diferente dela” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 66). Ou seja, se uma dada constatação é verdadeira a sua negação não pode também ser verdadeira. Nesse sentido, a lei da não contradição se limita por buscar na realidade algo que seja só verdade ou só falsidade, somente positivo ou somente negativo. Essa lógica nada encontrará, de fato, na realidade, pois esta é um processo histórico em constante desenvolvimento, cuja dinâmica é composta por multideterminações que se contradizem entre si, mesmo que de forma aparente não se mostrem dessa forma. Novack (2005) exemplifica essa situação de forma bem clara e simples:

A teoria da evolução ensina que o homem é essencialmente animal e não pode ser outra coisa que não animal. Falando logicamente, o homem é um animal. Mas também sabemos da teoria da evolução social, que é uma continuação e aprimoramento da evolução puramente animal, que o homem é mais e é outra coisa além de animal. Ou seja, que não é essencialmente animal, mas homem, que é um ser bastante diferente dos outros animais (NOVACK, 2005, p. 26).

O terceiro princípio da lógica formal possui a ideia que coisas opostas se opõem e excluem reciprocamente na realidade. “Eu devo ser homem ou animal; não posso ser as duas coisas ao mesmo tempo e no mesmo sentido” (NOVACK, 2005, p. 29). A limitação dessa lei se dá a partir da relação com as duas primeiras leis (identidade e diferença). Nesse sentido, se nada pode ser e não ser ao mesmo tempo, isso significa que a realidade é fixa, sem movimento, sem dinamicidade, sem desenvolvimento e processualidade.

É válido destacar que a lógica formal possui seus limites, mas isso não quer dizer que ela não serve ou é inválida. Na verdade, apontamos apenas os limites da apreensão da realidade, os quais ficam restritos aos aspectos da imediaticidade do real, uma vez que não avançam para além da descrição, classificação e identificação de características aparentes da realidade. A dialética reconhece a importância da lógica formal, mas se predispõe em reconhecer e levar em consideração o movimento e a dinâmica da realidade. Nesse sentido, dizemos que a dialética supera, por incorporação, a lógica formal, pois aponta para além da constatação e da evidência dada superficialmente. Ela tem como objetivo captar a dinâmica e a estrutura interna da essência dos objetos/fenômenos, revelando seus nexos e as contradições que dão movimento à realidade em seu processo de desenvolvimento histórico.

Para a lógica dialética, é necessário apreender as propriedades do objeto/fenômeno em estudo em suas relações internas, de modo a compreendê-lo para além de uma reflexão aparente e meramente especulativa. Isso porque a essência do objeto não se mostra de forma imediata, exigindo investigação do processo histórico que culminou em sua constituição na forma mais avançada. Conhecer, então, significa refletir as propriedades e leis de um mundo real e objetivo, reconstruindo-o no plano do pensamento com as diversas relações, contradições e determinações possíveis de se captar a essência das coisas.

Nessa concepção gnosiológica, manifesta-se o processo de mudança de qualidade e quantidade nas múltiplas relações estabelecidas quando se fundem os nexos presentes nas funções psicológicas puramente humanas, o que amplia as condições anteriormente constitutivas no psiquismo, num movimento ascendente que promove superação. Ou seja, a medida que conhecemos os objetos/fenômenos da realidade objetiva, abstraindo seus elementos e analisando-os, passa-se a fazer novas relações entre as funções do pensamento, da

memória voluntária, da linguagem etc, as quais ascendem em qualidade, quando em comparação com os nexos anteriormente existentes, superando-os. No entanto, “a superação da condição anterior não a nega em si mesma, mas amplia as possibilidades de conexões entre as funções. [...] o processo de transformação ocorre de acordo com o método num movimento constante, histórico” (BERNARDES, 2010, p. 307).

É válido destacar que o método MHD supera as dicotomias próprias da lógica formal, a qual aponta que dentro de um mesmo sistema dedutivo não há a possibilidade de coexistir opostos sendo ambos verdadeiros ou ambos falsos e, deste modo, um dos polos da oposição acaba por ser excluído (KOPNIN, 1978). A lógica dialética supera os enfoques dicotomizantes entre quantitativo-qualitativo, subjetivo-objetivo, individual-social, indução-dedução e outras, pois nela há a ideia de possibilidade de elaboração do conhecimento racional e objetivo da realidade humana na sua complexidade e totalidade, considerando as suas contradições como constituintes do objeto/fenômeno.

Entender o princípio da oposição e contradição, ou a negação da negação, para a lógica dialética é de suma importância, pois, para ela, a realidade apresenta uma unidade indissolúvel entre opostos (a unidade de contrários), o que determina saber o objetivo como subjetivo, o externo como interno, o qualitativo como quantitativo, o individual como social, e, para a nossa pesquisa, o macroscópico como submicroscópico e vice-versa.

Estabelecer uma relação íntima com a lógica dialética nos fez adotá-la, de forma coerente, tanto do ponto de vista do movimento de estudo e análise do objeto quanto daquilo que propusemos em termos didáticos. Ou seja, a dialética perpassou como lógica para conhecer o que estivemos pesquisando e também serviu como a lógica que queremos ensinar aos alunos através da nossa prática como professores de química ao ensinar sobre as representações estruturais dos compostos, visto que consideramos ser o modo mais desenvolvido para se conhecer a essência do real.

Outro ponto que merece ser evidenciado acerca do MHD é o de que, como já citado anteriormente, o mundo empírico representa apenas a manifestação externa e fenomênica da realidade. Nesse sentido, a essência do fenômeno não está dada explicitamente de imediato, mas sim através do desvelamento do seu conteúdo. Aquilo que é conhecido externamente sem atingir a essência, Kosik (2002) chamou de pseudoconcreticidade. Desse modo, o mesmo autor (KOSIK, 2002) afirma que o concreto se dá pela unidade dialética entre aparência e essência.

Para que possamos, então, passar da pseudoconcreticidade e chegar ao conhecimento concreto, faz-se necessário o conhecimento científico, o qual se configura como um percurso de descortinar aquilo que é dado imediatamente. Esse processo possui o significado de superação em direção ao conhecimento verdadeiro acerca do real, apreendendo o movimento e desvelando suas contradições. Desse modo, esse percurso demanda, então, apreender a estrutura interna do fenômeno em seu movimento histórico concreto por meio das abstrações do pensamento. Isso não quer dizer que descartamos a forma pela qual o dado se manifesta em seu exterior, pelo contrário, trata-se de saber que essa é uma dimensão parcial, superficial e periférica do fenômeno e que precisa apontar para além disso.

Para aclarar a discussão desse aspecto do MHD, vejamos o que Lavoura e Martins (2018) escrevem:

Se queremos descobrir a essência oculta de um dado objeto, isto é, superar sua apreensão como real empírico, pseudoconcreto, não nos bastam descrições acuradas, sejam elas escritas, filmadas ou fotografadas; não nos bastam relações íntimas com o contexto da investigação, ou seja, não nos basta fazer a fenomenologia da realidade naturalizada e particularizada nas significações individuais que lhes são atribuídas. É preciso caminhar das representações primárias e das significações consensuais em sua imediatez sensível em direção à descoberta das múltiplas determinações ontológicas do real (LAVOURA; MARTINS, 2018, p. 230).

A captação do conteúdo, daquilo que é essencial do fenômeno/objeto em estudo, do ponto de vista do método em questão, demanda captá-lo num processo dinâmico, expresso na relação dialética entre singular-particular-universal. Segundo Lukács (1968), é nessa relação que reside o fundamento que sustenta a verdadeira aproximação e compreensão da realidade de forma autêntica. De modo simplificado, o singular expressa o fenômeno em sua imediatez e o universal revela sua complexidade, leis de movimento e evolução, a totalidade. A contínua tensão entre os opostos singular-universal manifesta a particularidade do fenômeno, assumindo as especificidades pelas quais a singularidade se constitui em dada realidade de modo determinado, porém não universal.

Essa relação singular-particular-universal, para o campo da educação, nos leva a afirmar que a práxis pedagógica deve se fundamentar na compreensão de como a singularidade se constrói na universalidade e, ao mesmo tempo e do mesmo modo, como a universalidade se concretiza na singularidade tendo a particularidade como mediação.

Quando entramos em contato com um fenômeno empírico, por exemplo, em uma situação de ensino em uma aula de química orgânica com professor e alunos específicos situados no tempo e espaço, trata-se de uma ocorrência singular, única e irrepetível. De modo imediato não nos enfrentamos senão com a singularidade, pois “tudo o que nos oferece o

mundo externo como certeza sensível é imediatamente e sempre algo singular” (LUKÁCS, 1967, p. 203). Assim, a singularidade se refere às definibilidades exteriores irrepetíveis do fenômeno em sua manifestação imediata, acessível à contemplação viva.

De acordo com os preceitos do método materialista dialético, a singularidade imediata dos fenômenos não nos revela, pelo contato sensível, sua essencialidade concreta. A singularidade em si mesma está no plano da aparência do fenômeno. Para conhecê-lo, é preciso que sejamos capazes de ir além da aparência. Cabe salientar que o contato empírico parece nos revelar o fenômeno concreto, mas, na verdade, esse “concreto” é pseudoconcreto. O concreto só pode ser apreendido pelo pensamento como resultado de um processo de análise que supera a dimensão singular do fenômeno. O concreto é, portanto, o ponto de chegada.

No entanto, a análise que objetiva superar o pseudoconcreto em direção ao concreto demanda a apreensão das leis gerais (daquilo que é mais essencial) que determinam e regulam sua existência no mundo objetivo – e este é o objetivo da pesquisa, quando esta se propõe, através de uma análise teórica, apresentar princípios gerais para o ensino das representações estruturais de compostos orgânicos. Em outras palavras, superar a aparência do fenômeno implica revelar as relações dinâmico-causais, captando as múltiplas mediações que o determinam e o constituem (PASQUALINI; MARTINS, 2015). Nesta direção:

[...] podemos perceber que captar a essência da realidade natural e social implica abstrair momentaneamente – ou suspender – as formas fenomênicas e decodificar as leis explicativas que regem o desenvolvimento do fenômeno. Isso significa que todo fenômeno singular contém em si determinações universais. A tarefa do pesquisador é desvelar como a universalidade se expressa e se concretiza na singularidade, ou, mais que isso, como a universalidade se expressa e se concretiza na diversidade de expressões singulares do fenômeno: não só na queda da maçã, mas também na órbita da Lua em torno da Terra. (PASQUALINI; MARTINS, 2015, p. 364)

De acordo com Lukács (1967), o particular representa, para Marx, a expressão lógica da categoria de mediação entre o específico (singular) e o geral (universal), os quais não podem ser compreendidos de modo isolado e por si sós. Para ilustrar essa ideia recorreremos ao conceito de trabalho. O trabalho é a mediação entre homem e natureza – assim como o signo, na psicologia histórico-cultural, é a unidade entre pensamento e linguagem que promove a mediação entre o biológico e o social. Nessa relação, ambos os polos se preservam e, ao mesmo tempo, transformam-se pela mediação da atividade. O trabalho realiza a mediação entre homem e natureza, ocorrendo, historicamente, sob dadas condições particulares. Daí que, para Lukács (1967), a particularidade efetiva a mediação entre o singular e o universal. Pasqualini e Martins (2015, p. 366) dizem que “o particular expressa a universalidade e

condiciona o modo de ser da singularidade”. Assim, a importância da particularidade na análise de um fenômeno está no fato de que ela representa mediações que expressam os mecanismos que intervêm decisivamente no modo de ser da singularidade (OLIVEIRA, 2005).

Para nosso objetivo, as particularidades se configuram como os princípios gerais norteadores do ensino de representações estruturais dos compostos orgânicos, exercendo a mediação entre a totalidade de multideterminações em níveis da educação científica e da prática social global e casos de ensino singulares e únicos. Foi esse caminho, de olhar para a totalidade dos processos de ensino, de desenvolvimento do indivíduo, da apreensão de conceitos científicos, da historicidade e dinâmica das representações estruturais, que pudemos sintetizar e propor aquilo que é primordial, aquilo que serve como base no processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo. Essa síntese, por sua vez, se configura como a particularidade que irá mediar a totalidade com a prática singular de cada professor em cada contexto específico.

Em termos técnico-metodológicos, formulamos um problema a partir daquilo que se mostrou como necessidade concreta social, o que nos impulsionou a investigar e formular proposições na tentativa de compreender melhor a realidade, como foi explanado na introdução deste trabalho.

Para conseguirmos responder a principal pergunta constitutiva do problema de pesquisa (quais princípios didáticos gerais podem nortear o ensino das representações estruturais de compostos orgânicos?) foi elaborado e efetivado um plano de trabalho envolvendo as seguintes etapas: 1) aprofundamento nas leituras e estudos do arcabouço teórico, relacionado tanto à pedagogia histórico-crítica quanto à psicologia histórico-cultural e seus fundamentos materialistas histórico-dialéticos, visando assegurar uma compreensão sistematizada da concepção de fundo, orientadora da pesquisa; 2) leitura sistêmica e analítica, a partir dos referenciais teóricos, dos trabalhos produzidos que relacionavam o ensino de química com linguagem da química e química orgânica e representações estruturais de compostos orgânicos, com a finalidade de estabelecer uma síntese pessoal do que se discute na área e as possíveis lacunas; 3) estudo do processo histórico de elaboração e constituição das representações estruturais dos compostos, sua diversidade e dinamicidade; 4) com base nos referenciais, no conhecimento da dinâmica histórica do conteúdo e sabendo dos limites e possibilidades que o campo de estudo nos forneceu, procuramos sistematizar e apresentar

alguns princípios para o ensino do conteúdo das representações estruturais dos compostos orgânicos.

É importante esclarecer que essas etapas não foram momentos lineares e estanques, como se ao chegar à próxima não pudéssemos voltar à anterior. Na verdade, traçamos esse plano como um guia permissível de flexibilidade, de modo que, nos momentos necessários, voltava-se para a etapa que carecia de mais informações e estudo. Quem determina o movimento de pesquisa é o próprio objeto. À medida que fomos conhecendo e aprofundando nossos estudos sobre ele, o mesmo nos mostrava novas possibilidades, novos caminhos a seguir e novas informações a buscar, isto, sem perder de vista o objetivo geral. Assim como nosso método de pesquisa nos ensina, em cada etapa não se esgotava o estudo para se passar à seguinte, mas foi feito um movimento de sucessivas aproximações. Além de haver momentos que o estudo se dava em mais de uma etapa concomitantemente.

De início, dado a problemática e embasado pelos referenciais, foram pesquisados trabalhos que buscavam discutir sobre a linguagem da química orgânica e o seu desdobramento no ensino, a partir da utilização de sites de busca da internet de modo sistematizado, em portais como o da Capes, bases de dados e repositórios, utilizando de palavras chaves como: “representações estruturais e ensino de química”, “ensino da linguagem da química orgânica”, “ensino das estruturas de moléculas orgânicas”. Como as buscas mostraram poucos resultados, expandimos para trabalhos que envolviam a linguagem e o ensino de química no geral, utilizando das seguintes palavras chaves: “linguagem química”, “ensino de química e linguagem”, “aprendizagem da linguagem química”. Isso porque esse campo de estudo da linguagem é relativamente consolidado na área e poderia nos mostrar as tendências e as discussões que estão ocorrendo sobre esse aspecto do ensino de química, porém sem perder de vista o objetivo.

Foi feita uma triagem de todo o material recolhido, a partir da leitura do título, resumo, referenciais adotados, sumário, introdução e, por vezes, algumas passagens do texto quando necessárias até que se pudesse ter uma concepção, a fim de selecionar aqueles que pudessem contribuir com o nosso objetivo de pesquisa. Nesse sentido, percebemos uma carência de trabalhos que tratam do caso específico das representações estruturais como parte integrante da linguagem química. O que nos levou a inferir que as discussões sobre a linguagem química, no âmbito do ensino, são tomadas como um todo, sem distinções das especificidades de que cada conteúdo merece. Dentre os poucos que foram encontrados, alguns focavam em

uma abordagem voltada para a história da ciência, enquanto outros tentavam fazer a relação com o ensino.

Mesmo nos trabalhos encontrados que relacionavam o ensino com as representações estruturais dos compostos, pouco ou quase nenhum deles discutia a partir de pressupostos pedagógicos capazes de auxiliar o professor no “que fazer” em uma aula sobre tal conteúdo. Discutia-se a importância, a elaboração, a especificidade da representação, mas carecia de discussões que pudessem orientar a prática de ensino do professor baseado no entendimento de como o aluno se apropria de conhecimentos como este para utilizá-lo na compreensão da realidade.

Como se trata de uma pesquisa teórico-bibliográfica, os trabalhos selecionados passaram por uma leitura sistematizada para serem analisados de acordo com o que Severino (2013) apresenta como direcionamento para a leitura, análise e interpretação de textos filosófico-científicos envolvendo a análise textual, a análise temática, a análise interpretativa, a problematização e a síntese pessoal.

Outra técnica simples, mas de destaque para o nosso trabalho, tratou-se de olhar para as referências dos trabalhos encontrados e buscar nelas outros trabalhos que pudessem ser pertinentes para a nossa pesquisa, visto que a busca direta não tinha apresentado certa quantidade de publicações. Esses procedimentos foram relativamente suficientes para compor o quadro de revisão que precisamos para dar conta do objetivo da pesquisa e formular uma síntese, apontando novas contribuições para o campo de ensino de química com os princípios didáticos gerais norteadores do ensino de representações estruturais de compostos orgânicos.

Foi na relação do método com os procedimentos técnico-metodológicos apresentados acima que se constituíram os caminhos para a compreensão e, posteriormente, exposição do objeto deste trabalho de pesquisa.

3 A PLENA HUMANIZAÇÃO E A ATIVIDADE ESCOLAR NA PERSPECTIVA DA PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL

Dentro do guarda-chuva do objetivo desta pesquisa, que é sistematizar princípios didáticos norteadores do ensino das representações das estruturas de compostos orgânicos, cabe destinar um foco maior, neste capítulo, para a compreensão da apropriação da linguagem pelo sujeito, isto, a partir da psicologia histórico-cultural. Isso porque veremos que as representações estruturais dos compostos se configuram como parte da linguagem química essencial para a compreensão do mundo. No desdobramento deste texto, trataremos da linguagem no seu aspecto mais geral e, mais especificamente, no que tange à linguagem científica: a linguagem química. Assim como, também, estaremos atentos aos processos de desenvolvimento do psiquismo ao longo da história da humanidade e pelo indivíduo em particular, pois é necessário entender como a psique humana se desenvolve para que se possam propor situações de ensino desenvolvente¹⁴.

Desse modo, o ensino precisa levar em consideração os modos pelos quais os estudantes se desenvolvem psiquicamente para tentar lhes proporcionar as condições necessárias. Então, se o nosso objetivo perpassa pela elaboração de princípios para o ensino de um conteúdo químico, necessariamente precisamos compreender como se dá o processo de desenvolvimento psíquico a partir de apropriações dos signos e como os conceitos científicos têm papel importante nesse processo.

Para compreender como a psique humana passa por transformações e se desenvolve, precisaremos entender a relevância e a dinâmica que o pensamento e a linguagem desempenham como uma unidade para os seres humanos. Na busca de atingir esse entendimento faremos um breve tratado de como esses dois processos funcionais (linguagem e pensamento) se constituem desde sua gênese até as formas mais elaboradas, evidenciando o seu processo. O leitor pode se perguntar da necessidade de fazer essa explanação, mas devo justificar que: se quisermos pensar em um ensino que proporcione desenvolvimento psíquico, não há como fugir das discussões que se relacionam à compreensão do funcionamento do pensamento e da linguagem nesse processo.

¹⁴ Entendemos como ensino desenvolvente aquele que está comprometido em proporcionar o desenvolvimento psíquico dos alunos para que possam compreender a realidade para além da sua aparência imediata, sem deixar de considerar as condições concretas do sujeito e apontar para a superação das desigualdades a partir da sua humanização plena.

O sujeito é um ser dotado de pensamento por natureza, por herança biológica, mas precisa ser humanizado, precisa ser inserido na dinâmica da sociedade, e isso só é possível a partir da promoção do seu desenvolvimento intelectual. Esse desenvolvimento, por sua vez, só é possível de atingir por meio da disponibilização do conjunto de elaborações culturais feitas pela humanidade ao longo do tempo, e nisso se inclui a ciência, as artes, a filosofia, a política e entre outras vertentes do conhecimento. No entanto, todo esse conhecimento é constitutivo de uma elaboração simbólica, ou seja, são signos que precisam ser apropriados no seu significado para que os indivíduos tenham a possibilidade de compreender o mundo ao seu redor na sua dinâmica.

No que tange o desenvolvimento do pensamento e da linguagem, Vigotski (2009) afirma que eles são dois aspectos funcionais do ser humano que se desenvolvem ao mesmo tempo individualmente nas suas especificidades, mas que também dependem um do outro quando o pensamento se torna verbalizado. Mesmo assim (no pensamento verbalizado) não é correto afirmar que linguagem e pensamento se desenvolvem sempre juntos ou que estabelecem um modo em que um se desenvolve para posteriormente o outro se desenvolver. A relação de desenvolvimento entre pensamento e linguagem, como veremos ao longo desse capítulo, é muito mais complexa. Essa assertiva foi amplamente discutida e elaborada pelo mesmo autor e constatado que é correto, tanto em termos filogenéticos quanto ontogenéticos.

A criança, assim que nasce, possui em sua origem filogenética o desenvolvimento da espécie que a possibilita ter a capacidade de pensar de forma mais complexa do que os outros animais. Mas, para que isso venha a se desenvolver e ela alcance formas de pensamento que a proporcione estabelecer uma sociabilidade com os outros seres humanos, é preciso se comunicar.

A comunicação mais elaborada em um primeiro estágio de desenvolvimento da linguagem é através da fala¹⁵. Porém, antes da criança começar a falar, “as raízes pré-intelectuais da fala no desenvolvimento da criança foram estabelecidas há muito tempo” (VIGOTSKI, 2009, p. 130). Por exemplo, o grito, o balbucio, o choro, os gestos, as risadas e os movimentos, são meios de contato social apresentados pelas crianças nos primeiros meses de vida e que, geralmente, estão atrelados mais à funcionalidade do desenvolvimento do pensamento do que o da linguagem. Isso se dá pelo fato de que a linguagem sistematizada e verbalizada se apresenta tardiamente em relação aos processos de desenvolvimento do pensamento, no caso dos bebês, nos primeiros meses de vida.

¹⁵ Vigotski (2009) cita a fala como a forma primeira de linguagem mais elaborada na criança, mas chama a atenção para o caso de crianças surdas na qual os gestos e língua de sinais são primordiais.

O pensamento possui uma base biológica que o possibilita iniciar o processo de desenvolvimento desde quando a criança nasce e passa a interagir com o meio que a cerca. Podemos afirmar que a linguagem assim também o faz. Porém, a linguagem requer um nível de sistematização que demanda certo tempo para que seja elaborada. Nesse processo, de início, a criança apresenta uma fonética ainda atrelada às funções elementares, isto é, possui cordas vocais e audição capazes de diferentes sensações com os distintos sons que emite e escuta. Entretanto, é a partir da vivência social que o indivíduo vai se dando conta de que os sons emitidos por ele podem direcionar a atenção do adulto, por exemplo, para algo que lhe confere. Nesse sentido, o pensamento e a linguagem, apesar de se relacionarem de forma interdependente, possuem caminhos de desenvolvimentos distintos.

Ainda nessa perspectiva, a comunicação inicialmente é muito simplória, limitando-se ao emocional da criança. Por exemplo, quando uma criança, no seu primeiro mês de vida, está chorando, o adulto tenta decifrar o que pode estar a incomodando. Não se sabe ao certo se ela está com fome, se está sentindo frio, se está sentindo dor.

Contudo, percebemos que o pensamento tem um primeiro desenvolvimento em relação à linguagem nos primeiros meses de vida da criança. Porém, a necessidade de se comunicar de forma mais elaborada para suprir as suas necessidades básicas é o que move a criança para a elaboração e desenvolvimento da fala. Deste modo, Vigotski (2009) afirma que, num certo momento do desenvolvimento da criança, “as curvas da evolução do pensamento e da fala, até então separadas, cruzam-se e coincidem para iniciar uma nova forma de comportamento muito característica do homem” (VIGOTSKI, 2009, p. 130). Neste momento, então, a fala se torna intelectual e o pensamento verbalizado.

Corroborando com o pilar da psicologia histórico-cultural, devemos lembrar que a linguagem só pode ser elaborada e desenvolvida pela criança em interação com outros indivíduos e com o meio social como um todo. Isto é, a criança não nasce com um pensamento verbalizado, mas é a partir do contato com os outros indivíduos que a linguagem vai sendo apropriada, de modo que pensamento e palavra, dois processos inicialmente individuais, se constituem num só. Deste modo, “[...] ao transformar-se em linguagem, o pensamento se reestrutura e se modifica. O pensamento não se expressa, mas se realiza na palavra” (VIGOTSKI, 2009, p. 412).

Essa consideração é muito importante, pois, de acordo com a análise de Bock (2000), outras perspectivas psicológicas tentam explicar fenômenos psíquicos de forma naturalizada. De modo que, características sociais e historicamente elaboradas, são apresentadas como

naturais e universais. Neste sentido, de acordo com Pasqualini (2009), as fases do desenvolvimento, para as perspectivas naturalizantes, são tratadas como idênticas em todos os indivíduos e havendo a possibilidade de “estabelecerem fases e estágios de desenvolvimento que, embora possam sofrer alguma influência das interações sociais, sucedem-se numa ordem fixa” (PASQUALINI, 2009, p. 32). Em contrapartida, a nossa perspectiva psicológica nega a possibilidade do desenvolvimento psíquico baseado meramente em um processo natural, mas, vai além, e se estrutura em termos sociais e históricos.

Elkonin (1987) destaca a importância de um enfoque histórico e social do processo de desenvolvimento da consciência do indivíduo, mostrando que o delineamento dos estágios do desenvolvimento psíquico está intimamente relacionado com a alteração do lugar ocupado nas diferentes formas de sociabilidade ao longo da história da humanidade, e em diferentes espaços sociais de uma sociedade dividida em classes, visto que os elementos culturais relacionados às ciências, filosofia e artes produzidos pela humanidade estão mais acessíveis à classe dominante e são negados para a classe dominada. Deste modo, Pasqualini (2009) afirma que:

[...] Vigotski, Leontiev e Elkonin concebiam o desenvolvimento infantil como fenômeno histórico não determinado por leis naturais universais, mas intimamente ligado às condições objetivas da organização social, sendo fundamental considerar o lugar ocupado pela criança nas relações sociais e as condições históricas concretas em que seu desenvolvimento se desenrola (PASQUALINI, 2009, p. 33).

Corroborando, então, com a autora, podemos afirmar que mudanças na sociedade e na vida material produzem mudanças na consciência e no comportamento humano. Existe um desenvolvimento histórico dos fenômenos psicológicos e estes mantêm uma relação de dependência essencial com respeito à vida e à atividade social. A história da psique humana é a história da sua construção ao longo do tempo, portanto, ela não é imutável ou invariável no decorrer do desenvolvimento histórico.

Ainda nesse capítulo, veremos que a psicologia histórico-cultural entende que a qualidade e a forma pela qual os conhecimentos são transmitidos na escola impactam a formação da personalidade dos sujeitos, a sua possibilidade de apropriação do saber teórico e a formação de seus valores. No entanto, a educação para a juventude que tem sido proposta à classe trabalhadora vem sendo ainda mais precarizada, a partir da flexibilização de trajetórias sem o devido investimento financeiro para que se concretizem, assim como um sistemático esvaziamento dos conteúdos que, na aparência, se voltam a promover o acesso ao mercado de

trabalho, mas, em sua essência, visam a propagação de valores da ideologia neoliberal meritocrática (MARTINS; CARVALHO, 2017).

Tendo em vista o que foi explanado, seguiremos para a discussão dos estágios de desenvolvimento do psiquismo humano em termos da ontogênese presente nos estudos de Vygotski (1996), Elkonin (1987), Leontiev (1987, 2010) e Davidov (1988a). Mas antes, iremos situar o leitor sobre aquilo que move os seres humanos a entrarem em atividade.

3.1 A NECESSIDADE COMO FUNDAMENTO DO AGIR: TEORIA DA ATIVIDADE

Durante a história da humanidade, homens e mulheres construíram inúmeros objetos para satisfazerem suas necessidades. Nesse sentido, produziram não só os objetos, como também novas necessidades e, com isso, novas atividades. Os seres humanos superaram as necessidades biológicas mais imediatas, que são características dominantes nos animais, e construíram a si mesmos como seres humano-genéricos, com necessidades superiores de caráter social, cuja satisfação não conduz diretamente a suprimir uma ou outra necessidade biológica do organismo (LEONTIEV, 1961). Dentre outras criações, as representações das estruturas dos compostos orgânicos estão situadas como uma elaboração humana que surge para satisfazer uma necessidade não genética, mas social, a fim de responder questões que foram surgindo ao longo da história para compreender a realidade. Essa necessidade histórica precisa ser apropriada pelo professor de química, para que possa, através da sua prática, elaborar situações de ensino que venham criar a necessidade de estudo e apropriação do conteúdo pelo aluno.

Para a psicologia histórico-cultural, o que dirige e regula a atividade concreta do sujeito no mundo são as necessidades (ASBAHR, 2005). Desse modo, a necessidade se configura como um dos aspectos essenciais da atividade humana, sendo considerada como um processo pelo qual se concretizam as relações entre o sujeito e o objeto. Assim, então, postula-se o caráter objetivo da atividade, ou seja, a característica essencial de ser sempre e necessariamente orientada por um objeto.

O caráter objetivado da atividade remete aos processos psíquicos que são necessários ao reflexo do objeto como uma reconstrução pelo pensamento, porém, além disso, envolve também processos afetivo-emocionais, na medida em que estes objetos afetam o sujeito de determinado modo e em determinada intensidade. Esses dois aspectos da atividade se configuram como uma unidade afetivo-cognitiva e à ela direcionam o ponto de partida que dirige os processos da atividade, conforme a perspectiva materialista dialética, ou seja, o

próprio objeto. Ou seja, o ponto de partida da atividade é o objeto e este se relaciona com o sujeito através da unidade afetivo-cognitiva. Nesse mesmo sentido, Leontiev (1983) afirma que: se o objeto é o primordial para a atividade, então o fundamental que distingue uma atividade de outra é o encontro do sujeito com o objeto.

Percebe-se que uma necessidade só pode ser satisfeita quando encontra um objeto, e a isso é denominado de motivo. O objeto da atividade é seu motivo real. Desse modo, o motivo é o que impulsiona a atividade, é ele que tem a finalidade de mover o indivíduo às ações que satisfarão à necessidade, pois é ele que promove a articulação entre uma necessidade e um objeto. Nesse sentido, podemos afirmar que objetos e necessidades isolados não produzem atividades, pois a atividade só irá existir se houver um motivo. Ou seja, a necessidade se relaciona com o objeto para promover a atividade. Essa relação entre necessidade e objeto é mediada pelo motivo. Como mencionado anteriormente, necessidade e objeto isolados não geram atividade. Podemos citar o seguinte exemplo: é o alimento que move o indivíduo a saciar a necessidade da fome. A necessidade da fome por ela mesma não move o indivíduo à atividade. Devemos ressaltar que, para que um motivo cause uma atividade, é necessário haver condições reais que permitam ao sujeito planejar o fim correspondente e atuar para alcançá-lo. Em outras palavras, o indivíduo está com fome (necessidade) e sabe que há alimento em algum lugar disponível (objeto). Essa relação entre a necessidade e o objeto é mediada pelo fato de que se não comer ele morrerá de fome (motivo). Esse motivo de que se ele não se alimentar morrerá de fome move o sujeito à atividade de caça ou de coleta de alimento, por exemplo.

Inspirada no próprio Leontiev (1983), Asbahr (2005) cita o seguinte exemplo dessas relações:

Um sujeito está com fome (necessidade de comer) e pode satisfazer essa necessidade se buscar comida (objeto). Encontra-se motivado para a atividade de buscar comida quando sente a necessidade de comer e quando idealiza um objeto que possa satisfazê-lo. Propõe-se, então, objetivos: o que poderá fazer? (ações) para satisfazer sua necessidade? As ações possíveis dependerão das condições concretas de vida do indivíduo, e são engendradas historicamente (ASBAHR, 2005, p. 110).

A atividade não pode existir se não for por meio das ações, a qual se constitui pelo conjunto de ações que são subordinadas aos objetivos parciais que estão relacionados com o objetivo geral. As ações apresentam, além do aspecto intencional, o aspecto operacional, isto é, a forma como se realizam as ações. Cada ação pode ser dotada de diferentes operações que irão depender das condições de execução dessa ação. A operação está associada à tecnificação da ação, aquilo que, de modo geral, realiza-se automaticamente. Ou seja, enquanto as ações

são elementos que dão estrutura à atividade, as operações consistem nos elementos estruturantes das ações, o modo de realização. De acordo com Calve, Rossler e Silva (2015), cada ação que compõe a atividade possui um conteúdo concreto, objetivo, e está orientada para um fim, o qual não é o que impulsiona a atividade. O que move é o seu motivo, o motivo da atividade da qual a ação é parte integrante.

Nesse movimento, é preciso deixar claro que uma atividade pode se tornar ação quando perde seu motivo originário, ou uma ação se transforma em atividade na medida em que ganha um motivo próprio ou ainda, uma ação pode tornar-se uma operação quando adquire automatismo. Na maioria das vezes, em situações de ensino, a relação que o estudante estabelece primordialmente com o conteúdo (objeto) é caracterizada como uma ação, dentro de uma atividade maior (a atividade de estudo), mesmo que ele não tenha ainda consciência disso. Configura-se somente como ação porque ainda não há sentido pessoal para a atividade de estudo, ou seja, não há um motivo real, uma necessidade concreta, uma relação consciente entre ele e a atividade de estudo. Porém, o horizonte do professor deve ser o de proporcionar situações que levem os alunos a transformarem a ação em atividade consciente, na medida em que aparece um motivo próprio, dentro dos limites concretos do contexto escolar. Desse modo, então, nem sempre é necessário que a atividade seja dada *a priori* ao aluno, mas que essa componha o horizonte do professor. O sentido pessoal, portanto, é produzido subjetivamente pela relação objetiva entre aquilo que move sua ação (o objetivo da ação) e aquilo que orienta (seu resultado final ou seu fim).

A forma primária fundamental da atividade é a forma externa, sensória, prática, não apenas individual, mas fundamentalmente social. Nesse sentido, Calve, Rossler e Silva (2015, p. 438) afirmam que “é na atividade prática, no contato prático com os objetos sociais, resultantes da atividade material e intelectual das gerações precedentes, que o homem se humaniza”. A transformação da atividade externa em interna acontece por meio de processo de internalização¹⁶. A passagem do externo para o interno dá lugar a uma forma específica de reflexo psíquico da realidade, a qual denominamos de consciência. Devemos destacar que o reflexo psíquico consciente é engendrado não diretamente pelas influências externas, mas construído por processos internos complexos (afetivo, cognitivo, volitivo-mnêmico etc.), mediante os quais o sujeito estabelece contatos práticos com o mundo objetivo.

¹⁶ O leitor irá encontrar uma discussão sobre o processo de internalização nos tópicos seguintes deste capítulo. No entanto, de maneira simplificada, a internalização aqui quer dizer que um indivíduo se apropria (toma para si) uma atividade que antes era externa, compartilhada socialmente, e passa a se tornar, também, parte integrante da sua psique.

O reflexo da consciência é caracterizado pela presença de uma relação interna específica, a qual se dá entre o sentido subjetivo e a significação (LEONTIEV, 1978a). As significações sociais são expressões de sínteses históricas daquilo que foi produzido culturalmente, seja objetos, palavras, símbolos, conceitos ou o conhecimento de forma geral. As significações são fenômenos da consciência social, mas quando são apropriadas pelos indivíduos passam a fazer parte da consciência individual. Ao nascer, a criança encontra um sistema de significações consolidado socialmente e o caminho que leva à apropriação dessas significações depende do sentido pessoal que tenham para o sujeito. Nessa direção, podemos conceber que o significado é social e, por isso, independe da vida do sujeito singular, embora só exista na sua consciência. Já o sentido pessoal é profundamente íntimo, é ele que vincula, no plano psicológico, a realidade com os motivos individuais, embora sua criação tenha como ponto de partida o mundo exterior.

A consciência e a atividade formam uma unidade dialética. A consciência é o produto da subjetividade atrelada à atividade dos seres humanos uns com os outros e com os objetos. Deste modo, então, a atividade se constitui como a substância da consciência (ASBAHR, 2005). Não podemos reduzir a consciência a um mundo interno e isolado. Na verdade, é o contrário, pois, se está intimamente vinculada à atividade, só pode ser expressão das relações do indivíduo com os outros seres humanos e com o mundo ao seu entorno, sendo assim, social por natureza. Porém, devemos lembrar que a passagem do mundo social ao mundo interno da psique humana não se dá de maneira direta e mecânica, pois o mundo psíquico não é uma cópia do mundo social.

Para tentar exemplificar as relações dos significados sociais com o sentido na atividade consciente, Leontiev (1978b) ilustra didaticamente essa dinâmica pela análise da atividade da caça coletiva e suas ações constitutivas (construir as ferramentas, espantar a caça, abatê-la, acender o fogo e cozer o alimento). O autor aponta que todas essas ações são realizadas, geralmente, por indivíduos diferentes e só adquirem sentido isoladamente, para cada participante, quando conectadas conscientemente ao motivo geral da atividade de caça: obter alimento (objeto) para saciar a fome (necessidade). Portanto, cada ação que compõe uma determinada atividade adquire um sentido subjetivo, pessoal, na consciência do indivíduo que a realiza, pois se conecta ao motivo geral da atividade da qual é parte integrante.

Em termos da atividade pedagógica do professor, a significação social é justamente proporcionar condições para que os alunos se envolvam em atividade de aprendizagem, por isso a importância dessa discussão que promovemos aqui. A atividade de ensino precisa visar

produzir no estudante novas formações psíquicas, ou seja, produzir no indivíduo novas necessidades e motivos que irão gradativamente modificando a atividade principal dos alunos e reestruturando os processos psíquicos particulares (DAVIDOV, 1988a).

É importante destacar que se um professor lida com a atividade de ensino de modo que esta não faça sentido para si, dificilmente ele conseguirá desenvolver nos alunos motivos e necessidades que sejam cruciais para a atividade de estudo. Nesse sentido, Calve, Rossler e Silva (2015) apontam que se o sentido do trabalho pedagógico do professor for apenas o de garantir a sua sobrevivência, trabalhando só pelo salário, haverá a cisão com o significado fixado socialmente. Essa cisão entre o significado social e sentido pessoal no trabalho docente compromete o produto do mesmo e interfere diretamente na qualidade do ensino ministrado. Desse modo, quando ocorre essa ruptura, o trabalho docente se caracteriza como alienado, pois o professor não enxerga o objetivo fim do seu trabalho – como o de transmissão do conhecimento para promover o desenvolvimento dos alunos –, mas apenas como um modo de subsidiar a sua sobrevivência. Por conseguinte, a atividade pedagógica alienada deixa de caracterizar-se como tal e transforma-se em mera operação automatizada de reproduções e repetições mecânicas daquilo que se encontra no livro didático, ou de reproduzir a sua prática baseado no senso comum ou ainda, ficar esperando, na sala de aula, o tempo passar enquanto os alunos realizam tarefas também sem sentido.

Quando o sentido do trabalho docente se configura, de fato, como uma atividade de ensino, quando o significado socialmente estabelecido coincide com o sentido da atividade, a centralidade do professor se dá na organização de um ensino com o intuito de promover, por meio de ações intencionais, situações que desencadeiem nos alunos a necessidade de se apropriarem do conhecimento científico, filosófico ou artístico. É somente dessa forma que a aprendizagem passa a ter sentido para o indivíduo aprendiz e, somente assim, é possível aprender os conteúdos de modo consciente.

É preciso que o professor, na sua prática docente, transmita o conteúdo e disponibilize aos alunos os elementos materiais e simbólicos que constituem a síntese daquilo que a humanidade produziu ao longo do seu percurso histórico, para que esses elementos sociais se convertam em elementos da personalidade e guie o seu agir no mundo. Ou seja, para que a apreensão promova mudanças qualitativas em seu psiquismo, de modo que capte a realidade conscientemente.

É preciso que o conteúdo ocupe na atividade do sujeito um lugar estrutural, ou seja, que o objeto oriente as ações desta atividade. Trata-se, então, da responsabilidade do

professor em garantir ao conteúdo a ser ensinado o lugar de objeto da atividade de aprendizagem, para que ele se torne o que move esta atividade.

Como já mencionado anteriormente, no processo de ensino e aprendizagem, é papel do professor produzir novas necessidades de ordem superior para além das necessidades biológicas, imediatas e pragmáticas que os indivíduos apresentam espontaneamente. A criação dessas novas necessidades está subjugada à apropriação dos conteúdos que, em primeiro momento, possuem uma relação externa com a vida do aluno.

É importante destacar que um aluno pode compreender objetivamente um determinado conteúdo sem, necessariamente, ser através do processo da atividade. Isso pode se apresentar quando o que estiver movendo o estudante ao se apropriar do conteúdo seja outro motivo que não o conteúdo escolar em si, tratando-se de um motivo apenas compreensível, ou seja, um motivo-estímulo que não gera sentido. Um exemplo seria quando o aluno compreende o conteúdo químico e o seu significado, mas o que move a sua atividade de apropriação é tirar uma nota para ser aprovado no ano letivo. Esse tipo de relação sem sentido abre a possibilidade para o esquecimento do conteúdo após a prova, ou para um sofrimento psíquico com o estudo ou ainda, para a dificuldade na compreensão da totalidade da realidade ao seu redor.

Se a relação para com o conteúdo escolar for bem conduzida pela mediação, esta motivação inicial poderá se transformar e ganhar novo tom afetivo-cognitivo para a vida do indivíduo. Desse modo, o objeto de estudo pode passar a ser o motivo da aprendizagem, ligar-se a uma nova e superior necessidade, e, dessa forma, passar de um motivo apenas compreensível para um motivo eficaz, capaz de orientar e dar sentido a sua atividade e a sua vida. Nesse sentido, Calve, Rossler e Silva (2015, p. 441) afirmam que “a riqueza do processo de aprendizagem não reside na compreensão em si, nem no conhecimento do significado do que se estuda”, mas na relação entre os significados socialmente compartilhados e os sentidos que eles desempenham para a vida do indivíduo.

Vale lembrar, então, que de acordo com Leontiev (1983) o sentido só pode ser descoberto no processo de aprendizagem, na medida em que o aluno vai sendo enriquecido com conhecimento, determinações, capacidade e atitudes que gerem novos interesses. Os interesses para o estudo irão surgir à medida que sejam desenvolvidos os motivos em torno do que se estuda, os quais devem ser amplos e de vivo sentido para o aluno. Então, o professor de química não deve esperar que o seu aluno se sinta motivado, *a priori*, para aprender sobre

representações estruturais de compostos orgânicos, quando ele não sabe nem o que é isso, para que serve e qual a necessidade de se apropriar desse conteúdo.

Por fim, reafirmamos que o conceito de atividade é central para a psicologia histórico-cultural, pois não há a possibilidade de compreender o desenvolvimento humano se não pela atividade que se desempenha na produção e reprodução da vida.

3.2 OS ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO PSÍQUICO PARA A PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL

O leitor pode se perguntar da necessidade de compreender os estágios de desenvolvimento psíquicos, desde o nascimento do bebê até a vida adulta, para o objeto da pesquisa. Vale, então, chamar a atenção para o fato de que nesta perspectiva teórica da Psicologia Histórico-Cultural é crucial para o professor elaborar a sua prática pedagógica pautado no desenvolvimento. Ainda assim, poderíamos partir diretamente para o estágio que compreende a adolescência, período no qual geralmente os alunos iniciam na disciplina de Química. Porém, é na compreensão da totalidade do processo de desenvolvimento que se pode observar, por exemplo, comportamentos de estágios anteriores que se apresentam nos adolescentes, mas que já deveriam ter sido superados por incorporação. Cabe, então, ao professor, nestes casos, possibilitar as ferramentas necessárias para sua superação, mesmo que em idade tardia (lembrando que os estágios não são estruturados por idades fixas), possibilitando ao indivíduo atingir a máxima humanidade possível numa sociedade capitalista.

A perspectiva psicológica de desenvolvimento da psique humana, na qual este trabalho está fundamentado, é completamente contrária às concepções que tomam o desenvolvimento, fundamentalmente, como algo natural e biológico. Ao contrário disso, Vygotski (1995) deixa claro que os processos biológicos estão subordinados ao desenvolvimento cultural, e é por meio da apropriação desta cultura que o indivíduo adquire formas especiais de conduta. Nesse sentido, o mesmo autor resolve o problema da relação entre o biológico e o cultural estabelecendo as funções psicológicas *elementares* e *superiores*. As funções psicológicas elementares são aquelas comuns aos homens e aos animais, como atenção e memória involuntária, sensação etc. Já as funções psicológicas superiores são aquelas exclusivamente humanas, como atenção voluntária, memória mediada, pensamento abstrato, controle de conduta consciente etc. De acordo com Facci (2004, p. 66), as funções psicológicas superiores “são produtos da atividade cerebral, têm uma base biológica, mas, fundamentalmente, são resultados da interação do indivíduo com o mundo, interação mediada pelos objetos

construídos pelos seres humanos”. Sob o mesmo ponto de vista, o desenvolvimento psíquico é determinado pelos processos de apropriação das formas históricas e sociais da cultura.

Ademais, é importante salientar que as formas elementares do comportamento humano não desaparecem à medida que o indivíduo vai se desenvolvendo, na realidade, elas vão sendo superadas por incorporação e continuam existindo de forma subordinada às funções superiores. Por exemplo, por mais que um aluno tenha desenvolvido a atenção voluntária e esteja concentrado em uma aula de Química, um barulho inesperado fora da sala de aula pode lhe tirar a atenção instantaneamente. No entanto, avaliando que o barulho não tem relevância, em comparação com a aula, ele pode voltar à sua atenção voluntária.

Sobre a determinação dos estágios do desenvolvimento do psiquismo humano, Vygotski (1996) critica as perspectivas psicológicas da sua época, as quais estabeleciam estágios baseados na descrição do comportamento do indivíduo na sua forma mais aparente. No entanto, o mesmo autor defende uma análise psicológica explicativa, revelando as relações dinâmico-causais que determinam a origem e desenvolvimento dos fenômenos. Isso mostra a coerência do método de análise utilizado por Vigotski na elaboração dos seus trabalhos com o método materialista histórico-dialético atribuído à Marx. Nessa direção, a investigação dos estágios do desenvolvimento psíquico consiste naquilo que está por trás do aparente imediato, por trás dos sintomas, buscando aquilo que os condiciona, suas leis internas. Vale chamar a atenção para o fato de que “o caráter interno desse processo não remete a um caráter biológico, mas ao fato de que cada avanço no desenvolvimento está diretamente determinado por aquilo que se formou na etapa anterior” (PASQUALINI, 2009, p. 34).

A elaboração dos estágios do desenvolvimento psíquico foi iniciada por Vigotski, mas a sua morte prematura fez com que não os terminassem. Os últimos escritos deste autor mostram que ele chega até o estágio de desenvolvimento da pré-escola. Porém, o grupo de pesquisa responsável pela elaboração da Psicologia Histórico-Cultural como um todo deu continuidade aos trabalhos, principalmente nas obras de Leontiev (1987, 2010), Elkonin (1987) e Davidov (1988a) que abrangem desde o princípio, no nascimento da criança, até a fase adulta.

Comparando os escritos de Vigotski com o dos demais autores soviéticos que formam o arcabouço da psicologia histórico-cultural, podemos perceber que não há contradição entre eles, apesar de que alguns termos apareçam com denominações diferentes. Contudo, há uma coerência que mantém o mesmo sentido.

Quando falamos em períodos do desenvolvimento – tais como infância, adolescência e fase adulta –, assumimos que há certa regularidade de processos e características que são compartilhadas por pessoas em determinada faixa etária. No entanto, essa regularidade possui íntima dependência com as condições materiais e sociais de cada indivíduo.

De acordo com Pandita-Pereira (2019), no contexto da União Soviética, havia regularidades no processo de desenvolvimento dos indivíduos. No entanto, é bom lembrar que são traços essenciais, que buscam certa particularidade no processo de desenvolvimento dos indivíduos, mas que não a esgotam em si. Deve-se levar em consideração nesse processo a mudança no contexto social, principalmente no que se refere às desigualdades de gênero, raça e classe no Brasil, e as diferentes singularidades.

Mesmo assim, consideramos que essas formulações podem auxiliar na compreensão e na possibilidade de intervenção no processo de desenvolvimento, isto, para que ele seja o mais pleno possível em termos de produzir e reproduzir a humanização em cada sujeito, promovendo saltos qualitativos no desenvolvimento em determinadas faixas etárias. Isso porque concebemos o processo de desenvolvimento dotado de certas regularidades divididos em estágios, sem desconsiderar a concretude do sujeito, isto é, as múltiplas determinações que condicionam a sua existência.

Desse modo, compreender como se dá o processo de desenvolvimento humano nas suas formas mais elaboradas no contexto de uma sociabilidade praticamente igualitária, nos possibilita identificar os limites que a sociedade capitalista nos impõe e as potencialidades que podemos atingir caso apontemos para uma nova forma de nos relacionar socialmente sem essa estrutura essencialmente desigual. Além de permitir pensar uma prática pedagógica revolucionária que busque proporcionar, dentro das suas possibilidades, o desenvolvimento da consciência nos filhos da classe trabalhadora, em vista de destruir as amarras sociais que os condicionam como submissos. E esse é um dos principais aspectos da atividade pedagógica histórico-crítica quando defendemos um ensino desenvolvente considerando as condições concretas do sujeito: apontar para a superação das desigualdades a partir da sua humanização plena.

Para Vygotski (1996), os estágios de desenvolvimento estão atrelados ao conjunto de todas as leis que regulam a formação e as mudanças das novas estruturas em cada período da vida, e sua compreensão implica a análise das relações entre a personalidade da criança e seu meio social naquela etapa do desenvolvimento – o qual conceituou como *situação social de desenvolvimento*. A situação social de desenvolvimento se refere à relação que se estabelece

entre a criança e o meio que a rodeia, sendo peculiar, específica e irrepetível em cada etapa do desenvolvimento.

Já Elkonin (1987) e Leontiev (1987, 2010) concebem que cada estágio de desenvolvimento do indivíduo é caracterizado por uma relação determinada por uma atividade guia¹⁷, a qual desempenha a função de principal forma de relacionamento da criança com a realidade. Nesta mesma concepção, em concordância com Leontiev (2010), Pasqualini afirma que a atividade guia:

Não se trata da atividade que ocupa mais tempo na vida da criança naquele período, mas daquela no interior da qual surgem e se diferenciam outros tipos de atividade, na qual os processos psíquicos particulares tomam forma ou são reorganizados e da qual dependem, de forma mais íntima, as mudanças mais importantes nos processos psíquicos e traços psicológicos da criança naquele estágio (PASQUALINI, 2009, p. 38).

Dessa forma, o ser humano, desde sua gênese, a partir do desenvolvimento de suas atividades (por meio do trabalho), adapta-se à natureza, modifica-a, ao mesmo tempo que é modificado, e cria objetos e meios de produção sempre com a finalidade de suprir suas necessidades. Já na criança, de acordo com Facci (2004, p. 67), é por meio dessas atividades guias que elas se relacionam com o mundo, e “formam-se nela necessidades específicas em termos psíquicos”, em cada estágio. Leontiev (1987) ainda destaca que o desenvolvimento dessa atividade é condição para as mudanças mais relevantes nos processos psíquicos da criança e nas particularidades psicológicas da formação da sua personalidade.

Contudo, Pasqualini (2009) corrobora que, a partir da análise de Davidov (1988a), os conceitos de *situação social de desenvolvimento* e de *atividade guia* consideram, antes de qualquer coisa, a relação da criança com a realidade social. Dessa forma, a atividade guia se caracteriza por ser a atividade que potencializa o desenvolvimento do indivíduo em um determinado estágio. No entanto, essa atividade está inserida em uma totalidade, em um contexto, e é realizada por um indivíduo que possui suas especificidades, isto é, a situação social de desenvolvimento. Tanto a *situação social de desenvolvimento* quanto a *atividade-guia*, visam explicitar as forças motrizes do desenvolvimento ontogenético.

Os estágios de desenvolvimento psíquicos serão tratados aqui concomitantemente a partir dos dois conceitos, fazendo um diálogo sem nenhum prejuízo para o entendimento do processo.

¹⁷ As traduções colocam o termo como “atividade principal”. Aqui foi intencionalmente utilizado o termo “atividade guia” para que não haja confusão, pois o termo principal pode remeter a um tipo de atividade que é feita por mais tempo pela criança.

O primeiro estágio, para Vygotski (1996), é chamado de *pós-natal* e é caracterizado pela vida psíquica individual do bebê, a qual se fundamenta na separação do organismo da mãe. É observada uma fusão de sensação e afeto, indistinção de objetos sociais e físicos, passividade e ausência de vivência social. Neste mesmo sentido, Elkonin (1987) toma como a atividade guia do primeiro estágio a *comunicação emocional* dos bebês com os adultos, desde o nascimento até, aproximadamente, um ano de vida. É neste momento que o bebê utiliza, por exemplo, do choro para demonstrar suas sensações¹⁸.

Na etapa seguinte, denominada por Vygotski (1996) de *primeiro ano*, verifica-se uma transformação no estado psíquico e social da criança devido a sua vivência, e aparecem as primeiras reações propriamente sociais, como o sorriso quando ouve a voz da mãe ou o choro quando ouve outra criança chorar. A conduta da criança começa a reestruturar-se e, cada vez mais, é observado processos de comportamento devido à influência educativa das pessoas que a rodeiam. A característica da situação social do bebê neste estágio é dada pela contradição entre sua máxima sociabilidade, por um lado, e suas mínimas possibilidades de comunicação, por outro. O bebê tem a necessidade de socializar com o adulto para satisfazer quaisquer das suas necessidades básicas de sobrevivência, pois ainda é incapaz, biologicamente, de fazê-la. Entretanto, o bebê carece dos meios fundamentais de comunicação social em forma de linguagem. Para Elkonin (1987), esse estágio é estruturado a partir da atividade guia denominada *objetal-instrumental*. É uma fase importante para a criança, pois é o momento em que ocorre a assimilação dos procedimentos elaborados socialmente de ação com os objetos. Essa assimilação não ocorre de forma natural, mas precisa do ensinamento do adulto. De acordo com Vigotski (1996), o afeto é o processo central responsável pela unidade entre as funções sensoriais e motoras.

Ainda assim, é neste estágio que a criança utiliza de instrumentos para mediar suas ações e o emprego de palavras para expressar desejos, ou seja, as suas primeiras formas de elaboração da linguagem. Aqui, observa-se o marco da passagem gradual da passividade à atividade. Desse modo, em concordância com Facci (2004, p. 68), “a primeira função da

¹⁸ É importante salientar que o choro não desaparece do indivíduo quando o estágio pós-natal é superado por incorporação, mas adquire um novo sentido à medida que o sujeito vai se desenvolvendo como um todo. O choro pode expressar emoções, como a tristeza ou excesso de felicidade no adulto, mas para a criança nos primeiros meses de vida, como a linguagem ainda não está elaborada para uma comunicação direta, o choro pode significar uma variedade de significação, seja fome, dor, calor, frio, excesso de luminosidade nos olhos e entre outras diversas. O adulto até pode expressar todas essas sensações através do choro, mas não é o mais apropriado, ou a sua forma principal de expressão, visto que pode comunicar toda a complexidade dos seus sentimentos através da linguagem. O que queremos evidenciar é que as formas primordiais de comunicação não são aniquiladas de um estágio para o outro, mas vão adquirindo novas configurações de sentido, ou seja, vão sendo superadas por incorporação.

linguagem é a comunicação, um meio de expressão e compreensão entre os homens que permite o intercâmbio social”. Ou seja, assim como um objeto físico é utilizado como instrumento para mediar uma ação, a linguagem aparece como meio para comunicação. Em princípio, a linguagem infantil não coincide com a linguagem adulta nem quanto aos aspectos articulatórios e fonéticos, nem no que se refere à coesão e à atribuição de significado¹⁹. Vale ressaltar que, embora a aparição primitiva de algumas palavras faladas pela criança já se caracterize como uma forma de linguagem e se constitua uma forma de comunicação com os adultos, para Elkonin (1987), ela não é a atividade guia nessa etapa de desenvolvimento. A função maior da linguagem, neste estágio, é auxiliar a criança na compreensão da ação com os objetos.

O próximo estágio é o que Vygotski (1996) denominou de *primeira infância*, cuja primeira característica de transição, do estágio anterior para este, é a linguagem autêntica. As palavras que eram proferidas pela criança no estágio anterior só eram possíveis na situação concreta, inteiramente dependente do campo visual. As palavras não substituíam o objeto, apenas o indicavam, denominavam, mas careciam de significado, de generalização, de abstração. Já na primeira infância, com o desenvolvimento da linguagem, modifica-se a estrutura da percepção, a qual vai adquirindo um caráter de percepção verbal, adquirindo generalização. Neste estágio, Pasqualini (2009, p. 37), em concordância com Vygotski, afirma que “a linguagem representa a linha central de desenvolvimento, pois graças a ela a criança estabelece com o meio social relações distintas daquelas que estabelecia até então”. É nessa etapa da vida que se caracteriza, também, por signos exteriores, operações externas que são usadas como auxiliares na solução de problemas internos. Vygotski (2009, p. 138) salienta que “é o estágio em que a criança conta nos dedos, o estágio dos signos mnemotécnicos externos no processo de memorização”. Já em termos da fala, corresponde ao processo de desenvolvimento da linguagem egocêntrica, ou seja,

[...] é uma linguagem interior por sua função, é uma linguagem para si, que se encontra no caminho de sua interiorização, uma linguagem já metade ininteligível aos circundantes, uma linguagem que já se enraizou fundo no comportamento da criança e ao mesmo tempo ainda é fisiologicamente externa (VIGOTSKI, 2009, p. 136).

Dando sequência com o próximo estágio de desenvolvimento psíquico, Vygotski (1996) denomina-o de *crise dos três anos*. O autor deixa claro que sua teorização sobre este estágio tem um caráter inicial, mas afirma que, de modo geral, é caracterizado por um

¹⁹ O significado da palavra, desde os primórdios até a forma mais elaborada, será tratado com mais detalhes no próximo item deste capítulo.

conjunto de sintomas: teimosia, insubordinação, rebeldia e negativismo. A criança começa a se opor a tudo aquilo que é proposto pelo adulto. Tem um comportamento de insistência em ser atendida em algo que ela exigiu anteriormente. Começa a protestar sobre as normas e regime de vida que lhes são impostos. E começa a exercer comportamentos de independência e querer tudo para si mesma.

Por conseguinte, chegamos ao período *pré-escolar*, caracterizado pela espontaneidade infantil, pois a criança não consegue distinguir completamente a vida interior e a exterior. Deste modo, a criança se manifesta em seu comportamento e na sua fala tal como ela é interiormente. Para Elkonin (1987), os períodos compreendidos por Vigotski de *primeira infância, crise dos três anos e pré-escolar* tem como a atividade guia o *jogo ou a brincadeira*. São através da utilização dessas atividades que a criança apropria-se do mundo concreto dos objetos humanos, por meio da imitação das ações realizadas pelos adultos com esses objetos. Vale salientar que a relação da criança com o mundo dos objetos e com a sua funcionalidade não são instintivas, deste modo, o que determina seu conteúdo é a percepção que a criança tem com o mundo dos objetos humanos.

Facci (2004, p. 69) afirma que “a criança opera com os objetos que são utilizados pelos adultos e, dessa forma, toma consciência deles e das ações humanas realizadas com eles”. Apesar da criança se esforçar para reproduzir as atividades dos adultos, ela ainda não domina as operações exigidas para tal, ao exemplo de dirigir um carro, pilotar um avião etc. Mas, é a partir da brincadeira que ela pode realizar essa ação, resolvendo a contradição entre a necessidade de agir e a impossibilidade de executar, que se pauta o desenvolvimento nesse estágio. A brincadeira ou o jogo, ao mesmo tempo, exerce influência sobre o desenvolvimento psíquico da criança e também influi na formação da sua personalidade.

É válido destacar que, a superação da atividade guia nesses estágios, não quer dizer que elas são excluídas das atividades dos estágios seguintes. Por exemplo, teríamos então que exterminar o jogo e a brincadeira das aulas de química? Deveríamos excluir as atividades objetual-manipulatórias, como os experimentos químicos em laboratórios? Para as duas questões nos parece óbvio que a resposta é não. A superação não é a exclusão, mas é a incorporação da condição atual que possibilita apontar para o novo. Por isso, as atividades objetual-manipulatórias, os jogos e brincadeiras não são exterminados, mas incorporados. No entanto, não são mais elas que funcionam como atividade guia para o desenvolvimento psíquico do indivíduo, pois já foram superadas. Há uma atividade mais elaborada que apontará para a continuidade do processo de humanização.

Nesse sentido, as atividades guia que foram superadas por incorporação no estágio de desenvolvimento anterior assumem o papel de linhas acessórias de desenvolvimento, que se referem à atividade que compõe a vida do indivíduo juntamente a atividade guia, a ela subordinada e dando-lhe suporte. Os processos que constituem as linhas principais de desenvolvimento em um período, o que inclui a atividade guia, convertem-se em linhas acessórias no seguinte (PASQUALINI, 2009).

No campo da linguagem, as operações externas, neste estágio, são caracterizadas pelo que Vigotski (2009) chamou de *crescimento para dentro*. As operações que eram majoritariamente externas vão se interiorizando e passam por mudanças profundas. A criança começa a contar sem precisar do auxílio dos dedos, mas mentalmente. Isso no campo da fala corresponde à linguagem interior.

É importante destacar aspectos da desigualdade que interferem e condicionam o processo de desenvolvimento da criança na primeira infância. Apontamos que a relação emocional do bebê com o adulto é crucial para o desenvolvimento no primeiro ano de vida. Desse modo, precisamos “refletir sobre as condições de trabalho e formação das educadoras que assumem a responsabilidade pelo cuidado e educação dos bebês em nossas creches e berçários públicos e filantrópicos” (PANDITA-PEREIRA; MAGALHÃES; PASQUALINI, 2020, p. 358). Nesse mesmo sentido, no seio familiar, as possibilidades de relações emocionais geralmente são restritas na dedicação de tempo e energia, especialmente daqueles que fazem parte da classe mais empobrecida dos trabalhadores, sujeita a longas e desgastantes jornadas de trabalho, vivendo numa preocupação constante sobre a sua subsistência e daqueles que dele dependem.

A mesma reflexão concreta deve ser considerada em relação à atividade objetalm manipulatória, pois há um acesso restrito aos materiais que viabilizam os jogos e as brincadeiras aos filhos da classe trabalhadora, assim como, também, há um insuficiente arsenal de materiais disponíveis para intervenções pedagógicas em nossas escolas públicas de educação infantil.

A passagem para o próximo estágio de desenvolvimento psíquico é condicionada pela entrada da criança na escola, sendo a atividade principal *o estudo*. Neste período, a criança passa a expandir o seu horizonte em relação ao convívio social: aparece a figura do professor e da professora, dos colegas de classe, da organização do espaço escolar. E é na escola que a criança tem a impressão de que está realizando atividades verdadeiramente importantes, pois agora tem deveres a cumprir e tarefas a realizar (LEONTIEV, 1978b). Nessa etapa, a criança

passa a julgar a si mesma e a valorar sua posição no contexto social. A sua vivência adquire sentido.

A inserção do indivíduo na escola é inegavelmente importante dentro da perspectiva da psicologia histórico-cultural, pois é através do trabalho educativo, neste espaço, que ocorre a assimilação ou apropriação dos conhecimentos essenciais para a reprodução dos procedimentos historicamente elaborados. É nesse espaço, também, que os padrões socialmente elaborados são incorporados em formas da subjetividade individual. Contudo, o ensino escolar deve, portanto, nesse estágio, introduzir o aluno na atividade guia de estudo, de forma que se aproprie dos conhecimentos científicos, filosóficos e artísticos. Nesse sentido, é a partir dos estudos que o indivíduo tem a possibilidade de avançar na direção da elaboração da consciência e do pensamento teórico²⁰, além de desenvolver as capacidades de análise e reflexão.

A atividade de estudo, para Davidov (1988a), é aquela que está estruturada em um conjunto orgânico de tarefas que possibilitem a apropriação dos postulados cientificamente elaborados, assim como, também, das ferramentas necessárias à produção desse conhecimento. Entretanto, o que se percebe na maioria das escolas brasileiras é a repetição de ações mecânicas e desconexas, repercutindo em uma relação meramente formal com o conhecimento, o que não se constitui como atividade de estudo. No entanto, quando a atividade de estudo é estabelecida, de fato, demanda do indivíduo o desenvolvimento do pensamento abstrato, capaz de sistematizar e organizar conceitualmente a percepção da realidade para além daquilo que é aparente.

Surge-nos a reflexão, que deve ser levada em consideração para um olhar concreto da realidade: os alunos, no contexto brasileiro da escola pública, chegam ao próximo estágio de desenvolvimento (adolescência/juventude) com o pensamento abstrato minimamente desenvolvido para a apropriação dos novos conhecimentos? Os estudantes encontram motivos para a atividade de estudo? A escola promove a criação desses motivos? Há condições materiais para que as crianças, filhas do extrato mais empobrecido da classe trabalhadora, tenham um local propício para estudar em suas residências, ou nas escolas sem bibliotecas, sem salas de estudo, sem tempo hábil para estudar condicionados ao trabalho infantil, sem condições emocionais para se concentrar devido à localidade que vive ser repleta de problemas sociais e entre outros?

²⁰ Sobre a consciência e o pensamento teórico, trataremos com mais detalhe nos itens seguintes deste capítulo.

Respostas para as questões acima demandam um trabalho de pesquisa minucioso que não cabe ao objetivo específico deste, mas que não podem ser desconsideradas no trabalho pedagógico, em uma perspectiva que se propõe a promover um ensino desenvolvente concreto.

Apesar de todos os estágios do desenvolvimento humano serem importantes para a compreensão da totalidade, este que seguirá possui uma relevância maior para a nossa pesquisa, pois é o período no qual geralmente se encontram os alunos e alunas que iniciam no estudo da Química.

Um novo estágio aparece, aproximadamente, com a idade da adolescência. De acordo com Pandita-Pereira (2019), para a psicologia histórico-cultural, a adolescência não é um período que existe por si, mas um período do desenvolvimento que surge no século XIX, e sobre o qual, na psicologia dominante, prevalecem compreensões bastante naturalizadas. Esse estágio é caracterizado pelo distanciamento entre a formação na infância e o ingresso na vida adulta, de modo que o indivíduo não é mais criança e ainda não é adulto.

No entanto, essa característica da adolescência não é universal, pois o distanciamento da infância para a vida adulta corresponde a uma visão burguesa de sociedade, uma vez que a maioria dos jovens está inserido ou aguardando para se inserir no mundo da produção, e, em sua maioria, em condições precárias de trabalho (PANDITA-PEREIRA; MAGALHÃES; PASQUALINI, 2020). Ou seja, as condições materiais demandam do adolescente da classe trabalhadora assumir, por muita das vezes, a condição de adulto, enquanto, ideologicamente, pelos princípios da burguesia, a adolescência é colocada como um período de preparação para vida adulta.

Ainda assim, contrário às concepções que consideram os marcadores orgânicos da puberdade como o fator desencadeador da adolescência, Bock (2007) nos escreve que:

A adolescência refere-se assim, a esse período de latência social constituída a partir da sociedade capitalista, gerada por questões de ingresso no mercado de trabalho e extensão do período escolar, da necessidade de preparo técnico. Essas questões sociais e históricas vão constituindo uma fase de afastamento do trabalho e o preparo para a vida adulta. As marcas do corpo, as possibilidades nas relações com os adultos, vão sendo pinçadas para a construção de significações. (BOCK, 2007, p. 41).

Para Elkonin (1987), o estágio da primeira adolescência é guiado pela atividade principal da *comunicação íntima pessoal* entre os jovens. De acordo com o mesmo autor, o agrupamento dos adolescentes leva a possibilidade de formação do código de companheirismo e de valores de compromisso com o coletivo, de modo que a opinião de

outro adolescente se torna hierarquicamente superior à dos adultos. No entanto, Davidov (1988a) aponta que o desenvolvimento nesse período é estabelecido para além do estar junto, compreendendo que esse processo se dá a partir de atividades socialmente úteis como: atividades produtivas, esportivas, artísticas etc. Este mesmo autor afirma que essa atividade significa aquela que é realizada de forma coletiva e que tem como objetivo a realização de uma contribuição social. Podemos exemplificar como sendo: grupos de estudo científicos, coletivos religiosos, grupos artísticos de duelo de rap e repentistas, grêmios estudantis, shows de drag queens coletivos, entre outros que possibilitem o conhecimento das normas de relação entre os pares e adultos no contexto de sua contribuição para o coletivo.

Nesse período, o adolescente se torna crítico, em face das exigências que os adultos lhe impõem, das maneiras de agir e também dos conhecimentos teóricos. Na relação com o grupo, o indivíduo busca posicionar-se diante das questões que a realidade impõe à sua vida pessoal e social. De acordo com Vygotski (1996), essa fase do desenvolvimento psíquico produz no adolescente um importante avanço no desenvolvimento intelectual, formando os verdadeiros conceitos. Facci (2004) afirma que a partir do momento que o indivíduo passa a pensar conceitualmente, isso abre para ele um mundo da consciência social, uma possibilidade de uma visão de totalidade. Nesse sentido, o conhecimento científico, artístico, filosófico, político e as diversas esferas da vida cultural podem ser corretamente assimilados. Desse modo, “por meio do pensamento em conceito ele chega a compreender a realidade, as pessoas ao seu redor e a si mesmo”, adquirindo uma autoconsciência. (FACCI, 2004, p. 71). Na escola, o estudo passa a exigir abstração, reflexão, uso de conceitos, a explicação dos nexos dinâmico-causais que explicam os fenômenos, ou seja, passa-se a demandar dos estudantes um processo maior de abstração.

É a partir da atividade de comunicação íntima pessoal e/ou da atividade socialmente útil que os adolescentes têm a possibilidade de se engajar no próximo desafio: aprofundar os estudos no contexto profissional, o que possivelmente promoverá interesses profissionais e a necessidade de trabalhar e produzir. Nesse caminho, há a busca pela inserção do seu lugar no processo social de produção que perpassa pela seleção da profissão.

O comportamento em grupo, observado no estágio inicial da adolescência, dá origem a novas tarefas e motivos da atividade guia futura que é a *atividade profissional de estudo*. Essa atividade compreende os vínculos entre a atuação profissional e o estudo. De acordo com Pandita-Pereira e Sekkel (2020, p. 5), ela possui um significado para os adolescentes “a mesma função que tem o jogo de papéis para a criança, possibilitando a eles experimentar,

agora com mais elementos concretos e fundamentos de compreensão da realidade, sua inserção no mundo adulto profissional”.

Nessa compreensão, a adolescência deixa de ser entendida como um período de rebeldia e conflitos naturais e passa a ser um período que potencializa a consolidação de um sentido pessoal para a vida a partir de aspectos sociais.

Em um contexto de desigualdade, como o caso brasileiro, devemos ter um cuidado em especial para com os adolescentes trabalhadores, pois as questões sociais marcam duas vivências de juventude: a burguesa, que pode desfrutar do direito à escolarização e a postergação do ingresso no mercado de trabalho, e a da classe trabalhadora, cuja expectativa social não é da possibilidade de viver a juventude burguesa, mas sim, a de viver a vida adulta inserida no mundo produtivo precocemente e em condições precárias. Desse modo, não é possível uma simples transposição dos escritos soviéticos, pois, no contexto brasileiro, a adolescência e a juventude são marcadas pela falta da garantia de direitos, fator que vulnerabiliza o processo de desenvolvimento dos sujeitos.

Conhecer os processos e estágios do desenvolvimento psíquico é relevante para o professor, para que ele possa estabelecer finalidades e objetivos pedagógicos adequados e organizar atividades de ensino que promovam o desenvolvimento na criança ou no adolescente. É o professor quem tem o papel de apresentar novas tarefas e exigências que correspondam às potencialidades em mudança do indivíduo e a sua percepção da realidade, abrindo a possibilidade de rupturas e saltos qualitativos no desenvolvimento.

É importante salientar que não é a intenção deste trabalho se aprofundar nas questões dos estágios de desenvolvimento, mas, de fato, é preciso conhecê-los para que o professor possa organizar sua prática pedagógica a partir da realidade concreta e relacioná-los com os princípios didáticos que serão discutidos no último capítulo.

Outro ponto que merece destaque, acerca da nossa concepção sobre as funções psíquicas em cada estágio, é o de que elas não são trabalhadas individualmente, isto é, o trabalho educativo não opera com funções psíquicas de forma específica, mas como um todo. Por isso, neste trabalho, o leitor não encontrará a especificação das funções psíquicas que devam ser trabalhadas individualmente. A nossa defesa é a de que todas as funções operam em conjunto para a compreensão da realidade.

De acordo com Vigotski (2009), a aprendizagem por meio da educação escolar cria um mundo de possibilidades para o desenvolvimento psíquico. Mas vale ressaltar que essa relação não é *pari passu* e linear, isto é, o desenvolvimento segue um caminho que é

caracterizado mais por rupturas, saltos e revoluções. E é a atividade pedagógica do professor que organiza a interação do indivíduo com o objeto de estudo dotado de totalidade, que dirige a atividade para o conhecimento da realidade e para o domínio, por meio da apropriação de signos, do saber e da cultura da humanidade. Dessa forma, o ensino deve realmente ser pautado no desenvolvimento psíquico e criar nas crianças e adolescentes as condições e premissas para tal.

Vale ressaltar, mais uma vez, que os estágios de desenvolvimento que foram aqui apresentados não são estáticos e determinados naturalmente em idades fixas em todos os indivíduos. Mas as condições históricas e sociais concretas “exercem influência tanto sobre o conteúdo concreto de um estágio individual do desenvolvimento como sobre o curso total do processo de desenvolvimento como um todo” (FACCI, 2004, p. 76). Além disso, deixamos evidente como as desigualdades sociais alteram significativamente a situação social de desenvolvimento em cada período, pois, desta forma, condicionam as atividades e as novas formações psíquicas e, conseqüentemente, as características da consciência, o que possivelmente irá implicar na forma como compreendemos e agimos na realidade.

Por fim, com vista às desigualdades, como os professores lidam com uma heterogeneidade tão grande em uma sala de aula? Promover a igualdade, através de um processo revolucionário, nos âmbitos de raça, classe e gênero, também está aliado com melhorias no trabalho docente. Isso porque, dadas as condições materiais e sociais relativamente equivalentes, o processo de desenvolvimento psíquico pode passar a ser considerado como uniforme na sua particularidade; claro que levando em consideração as singularidades de cada indivíduo, as quais serão distintas, mesmo em uma sociedade marcada pela igualdade.

3.3 O SIGNIFICADO DA PALAVRA COMO UNIDADE ENTRE PENSAMENTO E LINGUAGEM

Para poder aprofundar a discussão e promover uma compreensão mais aprimorada, iremos nos deter agora, especificamente, acerca do significado da palavra, o qual expressa a união entre pensamento e a linguagem, de acordo com a psicologia histórico-cultural. Vigotski (2009, p. 396) afirma que “seria incorreto conceber o pensamento e a linguagem como dois processos em relação externa entre si”, ou seja, como se fossem duas coisas independentes que atuam de forma paralela, mas que às vezes se encontram em determinados pontos e interagem, porém voltam a se separar, nesse movimento de vai e vem. Neste mesmo

sentido, o autor relata que foi um dos principais erros da Psicologia da época separar a linguagem do pensamento nas investigações dos fenômenos psicológicos, tratando-os de forma autônomas, independentes e isoladas.

Essa forma de análise, de acordo com Vigotski (2009, p. 396), está condenada ao fracasso, pois “para explicar as propriedades do pensamento discursivo como uma totalidade, ele decompunha essa totalidade nos seus elementos constituinte”. Desse modo, a decomposição em partes – pensamento separado da linguagem – não carrega as propriedades inerentes à totalidade. Isso já antecipava o fracasso na explicação destas propriedades do fenômeno psíquico.

Em contrapartida, Vigotski (2009, p. 397) procura superar esse método de análise baseada na decomposição em elementos, dando outro enfoque através de uma análise que “desmembra a unidade complexa do pensamento discursivo em unidades várias”, de modo que, diferentemente dos elementos, “não perdem as propriedades inerentes à totalidade e são suscetíveis de explicação, mas contêm, em sua forma primária e simples, aquelas propriedades do todo” que está sendo analisado.

E foi no significado da palavra que Vigotski achou a unidade mínima, mais simples, de análise do pensamento verbalizado. Nas palavras do próprio autor:

Encontramos no *significado* da palavra essa unidade que reflete da forma mais simples a unidade do pensamento e da linguagem. O significado da palavra, como tentamos elucidar anteriormente, é uma unidade indecomponível de ambos os processos e não podemos dizer que ele seja um fenômeno da linguagem ou um fenômeno do pensamento. A palavra desprovida de significado não é palavra, é um som vazio. Logo, o significado é um traço constitutivo indispensável da palavra. É a própria palavra vista no seu aspecto interior (VIGOTSKI, 2009, p. 398, grifo do autor).

Nesse sentido, não há a possibilidade de dissociar o pensamento da linguagem a partir do momento que estas duas funções que, primordialmente em sua gênese, eram individuais, em um determinado ponto, convergem e passam a constituir-se uma na outra. E é no significado da palavra que essas funções se mostram na sua forma mais simples, de modo que conservam as propriedades do todo. Deste modo, se trata de “um fenômeno do pensamento discursivo ou da palavra consciente, é a unidade da palavra com o pensamento” (VIGOTSKI, 2009, p. 398).

A relação que existe entre pensamento e linguagem é um processo, um movimento, que gera significado, o qual se desenvolve e transforma essa relação. Vigotski (2009) afirma que se fôssemos montar um esquema desta relação, poderíamos conceber pensamento e linguagem como dois círculos que se cruzam, mostrando que em uma parte desse processo os

dois fenômenos coincidem e formam uma interseção, isto é, o pensamento verbalizado. Para a psicologia histórico-cultural, é função do signo (a unidade de pensamento-linguagem) promover a mediação e contradição entre o biológico e o cultural, não em uma perspectiva associativa, pelo contrário, em uma união de contrários, numa perspectiva dialética. No entanto, o mesmo autor alerta que este pensamento verbalizado não esgota todas as formas de pensamento e nem de linguagem. Essa compreensão é importante para o objetivo deste trabalho, pois será neste movimento dialético que discutiremos a relação entre os aspectos macroscópicos e microscópicos dos entes químicos, entre o todo e as partes, o que irá nos proporcionar chegar ao significado dos conceitos científicos que competem ao objetivo da pesquisa e que serão abordados nos próximos capítulos.

A importância do papel do signo nesta perspectiva psicológica precisa ficar clara para o leitor, pois é ele o estruturante desta forma de humanização que concebemos. Assim sendo, Vygotski (1997) chega a comparar o papel mediador do signo com o ato instrumental que medeia o trabalho humano, que é considerado como o marco na mudança do antropóide para o ser humano, nesta fundamentação. No entanto, para esse mesmo autor, o ato mediado por signo introduz profundas mudanças no comportamento humano, posto que entre a resposta da pessoa e o estímulo do ambiente se interpõem o novo elemento designado signo.

Martins (2015) afirma que “o signo, então, opera como um *estímulo de segunda ordem* que, retroagindo sobre as funções psíquicas, transforma suas expressões espontâneas, naturais, em expressões volitivas, culturais” (MARTINS, 2015, p. 46, grifos da autora). Neste sentido, o que a autora quer dizer com estímulos de segunda ordem está relacionado com aqueles que não estão atrelados aos estímulos puramente biológicos, mas os que estão relacionados com a cultura. Desse modo, as operações atreladas a estes estímulos conferem novos atributos às funções psíquicas, e é por meio delas que a psique humana adquire um funcionamento qualitativamente superior e livre das determinações biológicas e do contexto imediato da ação. Ou seja, os signos atuam como mediadores na promoção de estímulos sobre a percepção, a memória, a atenção e entre outras funções psíquicas que não existiriam se não fossem por eles. Por exemplo, quando passamos pela rua e vemos um anúncio com algo escrito que direciona a nossa atenção voluntária sobre o conteúdo do assunto, assim como também o conteúdo pode nos recordar algo (memória) e assim continuar a mobilizar as funções psíquicas como um todo, pois elas não operam separadamente. Nessa situação, o signo agiu como um estímulo de segunda ordem, pois não foi algo dado biologicamente que

estimulou o indivíduo, e sim um construto cultural (o fato de saber ler e interpretar o conteúdo).

Como anteriormente citado, os signos desempenham o papel de mediar a solução de tarefas psicológicas, assim como as ferramentas ou instrumentos técnicos medeiam o trabalho. Então, tanto um quanto o outro exigem adaptações do comportamento quanto ao seu uso, o que resulta na promoção de transformação psíquica estrutural. Vale ressaltar, que tanto os instrumentos quanto os signos se incluem no conceito mais geral de atividade mediadora, isto é, “um tipo de atividade que permite aos que participem dela exercerem entre si, a partir de suas propriedades essenciais, uma influência recíproca” (MARTINS, 2015, p. 47). Entretanto, a mesma autora, chama a atenção para o fato de que o conceito de mediação ultrapassa a ideia de uma mera relação aparente entre coisas, mas está dentro da esfera das intervencções entre as propriedades essenciais das coisas, ou seja, algo que se interpõe e ao mesmo tempo carrega as propriedades tanto de um quanto de outro.

Ainda na discussão sobre signo, devemos ter em vista que os conceitos de ferramenta e de signo, apesar da sua relação lógica, não são idênticos no aspecto genético nem no aspecto funcional. Pois da mesma maneira que a ferramenta

[...] modifica o processo de adaptação natural determinando as formas de operação de trabalho — o domínio da natureza, o uso dos instrumentos psicológicos modifica radicalmente o desenvolvimento e a estrutura das funções psíquicas, reconstituindo suas propriedades e possibilitando o *autodomínio do comportamento*. Eis, pois, para Vygotski, o nexu psicológico real entre o emprego de ferramentas e de signo no curso filo e ontogenético do desenvolvimento humano (Martins, 2015, p. 47, grifos da autora).

Feita essa breve ressalva, acerca da importância do signo para a Psicologia Histórico-Cultural, retomamos a discussão deste item sobre os fenômenos psíquicos que envolvem a significação da palavra (signo) como unidade de análise entre pensamento e linguagem. Desse modo, precisamos destacar, de acordo com Vigotski (2009), que a palavra, como fenômeno verbal e intelectual, possui duas faces: a fonética e a semântica. A primeira está relacionada com o aspecto externo, verbal, que lhe possibilita ocupar mentalmente o lugar de dado objeto ou fenômeno. Já a face semântica está relacionada com a significação da palavra, visando a análise dos objetos, distinguindo suas características essenciais e categorizando-os. Nesse sentido, de acordo com Martins (2015), a palavra, em sua face semântica, se apresenta como instrumento psíquico de abstração e generalização, pelas quais os próprios significados das palavras se ampliam, o que abre a possibilidade de transformar significações mais diretas e

imediatas em conceitos mais gerais e abstratos. Essa transição, então, se estabelece como condição para o enriquecimento tanto da fala quanto do pensamento²¹.

A distinção que existe entre o desenvolvimento do pensamento e da linguagem pode ser observado nos primeiros anos de vida da criança, quando nota-se que o aspecto semântico interior da linguagem e o aspecto físico e sonoro exterior, de acordo com Vigotski (2009, p. 410), “ainda que constituam uma unidade autêntica, têm cada um as suas leis de desenvolvimento”. O aspecto externo da linguagem, por sua vez, surge e se desenvolve, inicialmente, a partir de uma única palavra e daí vai evoluindo para formas mais complexas e elaboradas (frases, série de orações, etc.), indo da parte para o todo. O pensamento, o aspecto semântico da linguagem, inicialmente, surge e se desenvolve como um todo inteiro e confuso, para depois passar às partes, para os significados das palavras particularmente.

Para exemplificar podemos citar a situação em que uma criança aprende a falar a palavra “mamãe”. Ao proferi-la, ela não quer dizer apenas isso, mas, em termos semânticos, essa palavra quer expressar algo maior como “mamãe pega o brinquedo”, “mamãe quero comida”, “mamãe me tira do berço” etc. É como se a criança escolhesse uma palavra isolada para expressar o seu pensamento, já que não domina a linguagem por completo. Essa palavra isolada pode adquirir diferentes sentidos, dependendo das circunstâncias, mas é através dela que a criança expressa todo o seu desejo. Deste modo, o primeiro uso significativo da fala é sempre uma sentença de palavra única.

Nesse sentido, Vigotski (2009, p. 412) afirma que “desde o início o pensamento e a palavra não se estruturam, absolutamente, pelo mesmo modelo”. Todavia, o mesmo autor afirma que “devemos demonstrar que apesar de não coincidirem em seu desenvolvimento a linguagem e o pensamento se desenvolvem em íntima dependência [...] O desenvolvimento da linguagem influi sobre o pensamento e o organiza” (VYGOTSKI, 1995, p. 272). Porém, a linguagem não é um simples reflexo especular da estrutura do pensamento.

Outro aspecto da diferenciação que existe entre a face externa e a face semântica da palavra é em um período mais tardio do desenvolvimento do indivíduo, no qual os papéis se invertem ao que foi discutido anteriormente. O fato é que o indivíduo consegue empregar a linguagem, seja ela falada ou escrita, antes mesmo de ter consciência plena dela. Ou seja, o adolescente em fase escolar, por exemplo, consegue utilizar, inicialmente, dos conceitos científicos de forma correta, mas sem ter desenvolvido, ainda, a sua generalização, sem ainda

²¹ Elucidar sobre o tratamento que a psicologia histórico-cultural dá sobre a palavra é importante para se estabelecer uma relação análoga, pois trataremos da representação das estruturas dos compostos nos próximos capítulos.

ter consciência deste, sem se dar conta totalmente do aspecto semântico. Isso pode ser explicado pelo fato dele ter se apropriado da palavra (que carrega um significado científico) por meio do senso comum em um contexto específico. Mas dificilmente consegue trabalhar com essa palavra em contextos nunca vivenciados. De forma análoga, assim como a criança consegue utilizar o “porque” antes mesmo de saber e ter consciência sobre a sintaxe da oração, por exemplo. Isso, então, nos atenta para uma inversão do que foi tratado no parágrafo anterior. Aqui, a face semântica se desenvolve depois da face exterior (fonética/escrita) da linguagem. Lá, a face exterior (fonética/escrita) da linguagem é que se desenvolvia posteriormente à face interior. Nas palavras de Vigotski (2009):

Se, porém, os aspectos fásico e semântico da linguagem não coincidem, evidentemente o enunciado discursivo não pode surgir imediatamente em toda a sua plenitude, uma vez que as sintaxes da semântica e da palavra não surgem em simultaneidade e em conjunto, mas pressupõem uma transição e um movimento de uma para a outra (VIGOTSKI, 2009, p. 417).

No entanto, nesse movimento e processo de desenvolvimento dessa unidade pensamento e linguagem, “a fala passa de um dispositivo externo, aprendido, para um dispositivo interno, e o pensamento humano adquire novas e vastas perspectivas de ulterior desenvolvimento” (VYGOTSKY; LURIA, 1996, p. 213). Nesse sentido, o pensamento vai sendo constituído cada vez mais de formas de linguagens complexas, o que pode gerar, por consequência, uma transformação na consciência e o desenvolvimento do pensamento. Nesse ponto é que, também, se dá a importância da riqueza da apropriação cultural para o desenvolvimento pleno do ser humano. Quanto mais o indivíduo é submetido a se apropriar das objetivações humanas, das variadas formas de linguagem, da ciência, da arte, da filosofia etc, maior será a possibilidade de desenvolvimento da sua consciência e da sua capacidade de abstração. Deste modo, de acordo com Dangió (2017, p. 64) “a linguagem interna representa o cume do processo de internalização de signos”. Por isso, a internalização de signos é considerada, conforme postulado por Vygotski (1996), como condição fundante da humanização do psiquismo.

Nos estágios iniciais do processo de apropriação e aprendizagem de um conceito, quando o indivíduo aprende uma palavra – que designa algum objeto – e seu significado, ele ainda não consegue diferenciar um do outro. Ou seja, ele ainda “percebe a palavra como parte do objeto ou como uma propriedade sua inseparável de outras propriedades” (VIGOTSKI, 2009, p. 418). Nesta fase do desenvolvimento, existe a percepção de que a palavra que nomeia um objeto é como uma característica que faz parte do objeto, ou como o objeto é uma

referencialidade concreta da palavra. O que leva-nos a concluir que ainda não há uma generalização, uma abstração, uma formação conceitual, a diferenciação entre palavra-significado-objeto.

Por exemplo, a palavra “cadeira”, para ele, é uma forma de representação fonética (na fala) que designa um objeto ou um grupo de objetos que tem determinadas características semelhantes, isto é, concebe que a palavra faz parte do objeto. Contudo, o indivíduo ainda não compreende que poderia utilizar de qualquer outra palavra para designar este objeto, visto que a palavra não faz parte dele, mas é um signo que foi elaborado por seres humanos para poder promover abstrações e generalizações para além do empírico. Sendo assim, de acordo com Martins:

A complexificação da palavra pressupõe a transição de correlações mais diretas e imediatas entre o objeto e a palavra em direção a correlações mais gerais e abstratas, condição requerida ao desenvolvimento do pensamento abstrato e função precípua da educação escolar que vise esse desenvolvimento (MARTINS, 2015, p. 50).

Essa relação que se apresenta estreita no início, vai se tornando cada vez mais distante quando o indivíduo consegue mobilizar o contexto, generalizar e abstrair. A partir daí, o desenvolvimento do conceito vai atingindo níveis cada vez mais significativos. Deste modo, Vigotski elabora a seguinte lei genética:

[...] ao iniciar-se o desenvolvimento, na estrutura da palavra existe a sua referencialidade concreta exclusiva e, dentre as funções, existem apenas as funções indicativa e nominativa. O significado, independente da referencialidade concreta, e a significação, independente da indicação e da nomeação, surgem posteriormente e se desenvolvem (VIGOTSKI, 2009, p. 420).

Essa relação entre palavra-objeto-significado também perpassa pela dinâmica entre as faces fonética e semântica da palavra, acompanhando o desenvolvimento da linguagem no indivíduo. E, para poder propiciar chegar à apropriação do conjunto de símbolos que compõe as representações estruturais dos compostos orgânicos, o professor precisa entender esse processo desde sua origem até as máximas abstrações humanas, isto é, entender a estrutura psicológica da atividade de linguagem como um todo.

Não devemos nos esquecer da crítica feita por Vigotski às teorias associativas. O significado da palavra não exerce apenas uma relação associacionista, ou seja, a palavra não nos infunde a lembrança do seu significado como mera associação. De acordo com Vigotski (2009), significado e generalização da palavra são sinônimos, pois “toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível de pensamento” (VIGOTSKI, 2009, p. 398). Neste sentido, podemos afirmar que o significado

não está apenas associado à palavra, mas desempenhando um papel muito maior, dinâmico e complexo, fato já discutido anteriormente.

Nesse percurso da relação distinta do desenvolvimento entre o pensamento e a linguagem, podemos perceber, de acordo com Dangió (2017, p. 67), que “o pensamento verbal se realiza, inicialmente, por meio da linguagem oral, transforma-se em interna, com suas características próprias e se complexifica na escrita”, discussão dos próximos itens deste capítulo.

3.4 ASCENDENDO A CONSCIÊNCIA: A INTERNALIZAÇÃO DE SIGNOS, A FORMAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS

A relevância que esse item tem para este trabalho fica evidente quando retomamos o objeto geral: sistematização de princípios didáticos gerais orientadores do ensino das representações estruturais dos compostos orgânicos. Para alcançá-lo, faz-se necessário compreender, primeiro, os processos psicológicos de internalização dos signos, da formação e desenvolvimento dos conceitos científicos de modo geral, para depois sistematizar generalizações didático-pedagógicas na situação de ensino do conteúdo e do nível escolar dos alunos em questão.

De acordo com as concepções da psicologia histórico-cultural, entende-se que o processo de apropriação dos conceitos científicos demanda situações pedagógicas que são específicas, que são, majoritariamente, disponibilizadas pela educação escolar. Isso se dá pelo fato do seu desenvolvimento requerer que as situações de ensino sejam sistematizadas e intencionalmente organizadas, contexto visto no espaço da escola. Na escola há (ou deveria haver) condições de estrutura, de recursos materiais, de vivência, de pessoas qualificadas que favorecem a geração de processos de ensino e aprendizagem de conceitos sistematizados que propiciam o desenvolvimento psíquico dos sujeitos (MONTEIRO; SILVA; ROSSLER, 2016).

Pelo que foi discutido nos itens anteriores, concebemos o signo como um importante elemento do psiquismo humano que promove transformação a partir do momento que este passa a fazer parte do intelecto humano. Nesse sentido, a internalização de signos promove uma requalificação da dinâmica interna do sistema psíquico abrindo um universo de possibilidades para o desenvolvimento do indivíduo. É através dele que podemos acessar efetivamente a realidade concreta através da mediação do abstrato. Vale ressaltar que, para a apreensão da realidade concreta, precisamos chegar às relações internas essenciais do objeto

analisado, à qual não estão reveladas em sua manifestação empírica imediata. Deste modo, o desenvolvimento do pensamento, com elevado grau de abstração, através da internalização de signos, torna-se fulcral para converter relações sincréticas aparentes em relações sintéticas, do real empírico para o real pensado (MARTINS, 2015).

A superação de um pensamento atrelado às condições empíricas para um com elevados níveis de abstração não ocorre de maneira natural e espontânea, mas como fruto das apropriações materiais e intelectuais pelo indivíduo singular, o que tem total dependência com suas condições objetivas de vida (MONTEIRO; SILVA; ROSSLER, 2016). Podemos afirmar, então, que a negação aos indivíduos do acesso às diversas formas de significações sociais elaboradas pela humanidade ao longo da história (arte, ciência, filosofia etc), presente em uma sociedade de classes, é condicionante para o não desenvolvimento psíquico. Isto é, os sujeitos que fazem parte da classe baixa geralmente apresentam diferenças no desenvolvimento psíquico quando comparados com os da classe mais alta da sociedade. Isso não se dá por um problema biologicamente do sujeito, mas sim pelo fato de que há uma negação dos elementos culturais à classe baixa, o que restringe o seu desenvolvimento.

O desenvolvimento, a complexificação do pensamento, requer, então, o estabelecimento de mediações cada vez mais abstratas entre as impressões concretas. Portanto, a origem do desenvolvimento reside no material disponibilizado pela captação sensorial, mas ao mesmo tempo, a sua continuação depende da sua ampliação. Isso quer dizer que, em aulas de Química, para promover um desenvolvimento conceitual cada vez mais aprimorado no aluno, o espaço escolar deve proporcionar atividade práticas que enriqueçam culturalmente a face empírica, a face sensorial, concomitantemente em que as aulas tenham a sua face teórica que possibilite o indivíduo superar o aparente imediato em direção à essência significada.

Neste momento, é necessário entrar em uma discussão para diferenciar os conceitos espontâneos dos conceitos científicos. Isso porque, nos estudos de Vigotski (2009), ele constatou que os conceitos científicos não são apropriados e nem desenvolvidos exatamente como os conceitos espontâneos, pois o trajeto do desenvolvimento do primeiro não repete as vias de desenvolvimento do segundo. Isto é, tornando-os distintos e promovendo, logo de início, uma dicotomização entre eles. Nas palavras do autor:

A relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos

científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação de conceitos espontâneos (VIGOTSKI, 2009, p. 263).

Para exemplificar, Vigotski (2009) cita um exemplo: a criança aprende o conceito sobre a lei de Arquimedes de modo diferente de como aprende o conceito de irmão. Neste sentido, “o desenvolvimento do conceito de irmão não começou pela explicação do professor nem pela formulação científica do conceito” (VIGOTSKI, 2009, p. 264), mas houve uma vasta experiência pessoal da criança para a assimilação desse conceito.

Na compreensão de Luria (1979), não é novidade que a estrutura dos dois tipos de conceitos (espontâneos e científicos) sejam totalmente diferentes, pois os processos psicológicos que são mobilizados para a formação de cada um deles são totalmente distintos. No caso dos conceitos espontâneos, há a predominância de relações circunstanciais concretas, já nos científicos, há o predomínio de relações lógicas abstratas. Os conceitos espontâneos se formam com a participação da atividade prática e da experiência direta, os científicos, por sua vez, se formam com a participação determinante das operações lógico-verbais. Neste sentido, o conceito espontâneo é assimilado e utilizado corretamente pelo indivíduo de modo que este tenha níveis baixos de tomada de consciência do próprio significado (não há uma reflexão sobre ele), e é internalizado, apenas, através da experiência de vida pessoal. Já no caso dos conceitos científicos, desde o seu primeiro contato, o indivíduo é levado a assimilar e operar com ele em níveis de consciência mais elevados na educação escolar, através de análises sistemáticas, mesmo que ainda não seja nas suas máximas abstrações. Pois, no processo do seu desenvolvimento, no momento da formação do conceito (significado) pela primeira vez no indivíduo, seja científico ou espontâneo, o processo não está terminado, esgotado, mas estará apenas começando.

Defendemos, então, com total concordância em Vigotski (2009), que é na escola que o indivíduo pode se apropriar sistematicamente das produções humanas não espontâneas, científicas (a qual inclui a Química), desenvolvendo qualitativamente suas funções psicológicas, pois a apropriação desse tipo de conceito requer uma mobilização das funções como um todo em direção da formação do pensamento consciente. Ainda assim, é na escola que o indivíduo incorpora os conhecimentos de um modo diferenciado da sua experiência particular, espontânea, imediata e concreta da vida cotidiana. E por meio da internalização de signos, por meio da apropriação dos conceitos científicos, o indivíduo pode desenvolver teorizações, generalizações abstratas, que lhe possibilite pensar sua realidade concreta de um modo qualitativamente superior. Deste modo, um pensamento baseado em conceitos é superior, pelo fato de proporcionar uma consciência reflexiva capaz de capturar aspectos da

realidade que antes estavam ocultos a sua consciência, isto é, chegar à essência dos fenômenos da realidade.

É válido destacar que conceitos como o de irmão, cadeira, lápis etc, os quais nos parecem ser espontâneos por si, podem ser aprendidos cientificamente, desde que seja por um processo sistemático e que chegue à sua essência e generalização para além da situação imediata. Por exemplo, um arquiteto geralmente possui o conceito científico de cadeira, visto que foi apropriado de forma sistematizada, para além da sua vivência espontânea. De modo contrário, uma criança que seja filha de um químico, por exemplo, pode ter o conceito espontâneo de átomo de tanto ouvir o pai falar sobre, por não ter sido apropriado de forma sistematizada pela via escolar. Isso quer dizer que os conceitos não são científicos ou espontâneos em si, mas que a sua forma de apropriação o condiciona.

Em muitos dos casos observados nos experimentos empíricos de Vigotski (2009), sobre a não consciência do pensamento, percebeu-se que a criança utiliza de uma série de operações lógicas quando surgem de fluxo espontâneo, mas é incapaz de executar operações análogas quando exige a intencionalidade. O mesmo autor ainda faz uma analogia desta diferenciação utilizando-se do processo de aprendizagem da língua materna com a língua estrangeira. No caso da apropriação da língua materna, a criança não estabelece uma relação consciente com ela, não pensa o porquê de estar se apropriando e utilizando a língua. Já no caso da língua estrangeira, quando aprendida pela via escolar, o processo é diferente, pois há uma relação consciente de apropriação. A tomada de consciência de alguma operação, segundo Vigotski (2009, p. 275), “significa transferi-la do plano da ação para o plano da linguagem, isto é, recriá-la na imaginação para que seja possível exprimi-la em palavras”.

Apesar dos conceitos espontâneos e científicos terem um caminho de elaboração e desenvolvimento diferentes entre si, não quer dizer que um não influencie no outro. Mas, ao contrário, eles estabelecem uma relação no pensamento que possibilitam uma transformação como um todo, em todas as funcionalidades psíquicas que requerem a sua mobilização.

A transição de um pensamento baseado em conceitos espontâneos para um que seja majoritariamente, em termos qualitativos, científico se dá a partir de atividades de ensino que criem certa desconfiança em relação ao imediatamente dado pela realidade concreta. Pois é através desta desconfiança que se abre a possibilidade da mobilização de operações lógicas na direção do conhecimento do objeto, dado que as captações sensíveis imediatas mostram-se insuficientes ao atendimento da necessidade de análise deste. Esse processo não é algo natural do ser humano, mas é uma forma de pensar elaborada durante muitos anos ao longo da

história da humanidade, e que precisa ser disponibilizada através do ensino. A apropriação do saber sistematizado, então, tem potencial para ser capaz de produzir a transformação dos conceitos espontâneos em científicos e, principalmente, o desenvolvimento dos próprios conceitos científicos. Nas palavras de Duarte (2008), sobre o saber sistematizado:

Ao conseguir que o indivíduo se aproprie desse saber, convertendo-o em “órgão de sua individualidade”, segundo uma expressão de Marx, o trabalho educativo possibilitará ao indivíduo ir além dos conceitos cotidianos, superá-los, os quais serão incorporados pelos conceitos científicos. Dessa forma, o indivíduo poderá conhecer de forma mais concreta, pela mediação das abstrações, a realidade da qual ele é parte (DUARTE, 2008, p. 82).

No processo de desenvolvimento do pensamento através da internalização de signos, através da apropriação de conceito científico, os significados das palavras vão mudando e, com isso, mudam também as estruturas de generalização (VYGOTSKI, 2001).

A partir deste momento, trataremos a discussão que este item se propõe com um olhar mais voltado para os aspectos pedagógicos. Sendo assim, no processo de elaboração de conceitos, a Psicologia Histórico-Cultural faz uma crítica às formas e teorias dominantes da época, as quais eram empregadas no processo de aprendizagem na educação escolar. A corrente que mais recebeu críticas de Vigotski (2009) foi a tradicional (escolástica) – baseada no ensino direto dos conceitos de forma pronta e acabada, focando mais na funcionalidade memorizadora do psiquismo e esquecendo o processo evolutivo do conceito. Aqui não nos delongaremos na crítica feita por Vigotski a essa corrente, mas sim nos pontos chaves destas críticas, com o intuito de compreender a sua nova elaboração teórica.

A partir das investigações feitas por Vigotski (2009, p. 246), e os seus seguidores, sobre o processo de formação de conceitos, pode-se chegar à conclusão de que “um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória, é mais do que um simples hábito mental”, ou seja, não é um processo somativo de apropriação de palavras e significados, associando-se e formando uma teia conceitual. De modo que uma palavra, simplesmente, lembre um significado ou faça lembrar outra palavra. A formação conceitual “é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já houver atingido o seu nível mais elevado” (VIGOTSKI, 2009, p. 246).

Uma nova palavra aprendida pelo indivíduo passa a fazer parte do seu pensamento e o modifica, o transforma, de modo, que nesse estágio, o desenvolvimento está apenas começando. Vigotski (2009, p. 246) nos diz que “no início ela é uma generalização do tipo mais elementar que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de

um tipo cada vez mais elevado”, formando assim os verdadeiros conceitos como forma de abstrações superiores. Nas palavras de Vigotski, nos fica claro a função psíquica movimentada para o desenvolvimento de um conceito.

Esse processo de desenvolvimento dos conceitos ou significados das palavras requer o desenvolvimento de toda uma série de funções como a atenção arbitrária, a memória lógica, a abstração, a comparação e a discriminação, e todos esses processos psicológicos sumamente complexos não podem ser simplesmente memorizados, simplesmente assimilados (VIGOTSKI, 2009. p. 246)

Podemos, então, afirmar que, do ponto de vista psicológico, o processo de aprendizagem escolar dos conceitos através de uma perspectiva na qual são ensinados de forma pronta e acabada, e assimilados como uma habilidade qualquer, não se sustenta. Pois, por este caminho, haverá uma assimilação de palavras vazias, ou seja, uma palavra sem o seu significado, e até mesmo “um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde um vazio” (VIGOTSKI, 2009. p. 247). Isso gera, como consequência, uma mobilização apenas da memória e não do pensamento com todas as suas funcionalidades, deixando o indivíduo sem a capacidade de aplicar e de resolver problemas fora do contexto que foi memorizado. Logo, não há o emprego consciente do conhecimento assimilado.

No processo de elaboração conceitual, a psicologia histórico-cultural defende que este se dá através da prática social. Nesse sentido, Fontana (2008, p. 120) afirma que a formação de conceitos é considerada “como um modo culturalmente desenvolvido dos indivíduos refletirem cognitivamente suas experiências, resultante de um processo de análise (abstração) e de síntese (generalização)”. Não como uma experiência no sentido visual-concreto, mas no sentido mais amplo, de acesso cultural. Esse processo é mediado pela palavra e constituído por ela no pensamento verbalizado. Para reforçar essa ideia, acreditamos que toda essa dinâmica só é viável ao levar em consideração que a palavra, com suas funções designativa, analítica e generalizadora (LURIA, 1987), mediatiza o processo de elaboração conceitual do indivíduo, objetivando-o, integrando e direcionando as operações mentais envolvidas (FONTANA, 2008, p. 121).

Devemos nos atentar que a percepção do mundo externo não é internalizada pelo indivíduo de forma direta e mecânica, mas ocorre de forma substancial, de modo que a nova informação estabelece relações com o conhecimento já vivido e elaborado pelo aluno. Ainda nessa perspectiva, no processo de apropriação, não basta o indivíduo entrar em contato direto com o objeto de estudo, que pode ser empírico ou teórico, mas, de acordo com Vigotski

(2008), a elaboração dos conceitos se dá a partir do convívio e contato com os outros e com as objetivações culturais desenvolvidas ao longo da história da humanidade.

O processo intelectual que um indivíduo realiza para aprender um conceito científico, particularmente no contexto da escola, é de extrema complexidade e não pode ser reduzido a apenas uma comunicação linear entre professor-aluno, como nas pedagogias tradicionais²², tampouco pelas pedagogias do aprender a aprender²³, que concebem que o estudante aprende por si ou como o estudante sendo protagonista. Não se pode garantir, desta forma, que a internalização do discurso do professor em sala de aula, através do aluno, está sendo dotada de significado e sentido, quando este não o expressa como discurso próprio. Nessa perspectiva, Vigotski esclarece que:

A formação de conceitos é resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à interferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos (VIGOTSKI, 2008, pp. 72-73).

Sem o uso dos signos não pode haver formação de conceitos. Nessa perspectiva, deixamos claro, no entendimento do leitor, que a palavra é constitutiva do conceito, e não apenas um meio de expressá-lo. Machado (1999, p. 40), em sua tese de doutoramento, em concordância com Vigotski, esclarece que a linguagem assume um papel constitutivo do conceito “[...] e não meramente uma dimensão comunicativa de instrumento. [...] a linguagem não existe apenas como veículo para comunicar mensagens, os termos não têm apenas a função de comunicar ideias claras”.

O processo de elaboração de conceitos ocorre em primeira instância no nível externo e social, para depois passar para o nível interno e pessoal do indivíduo. Ou seja, o conhecimento científico é elaborado de fora pra dentro e não de dentro para fora, como propõe outras teorias da psicologia do desenvolvimento humano. Vigotski explica que neste momento “um processo *interpessoal* é transformado num processo *intrapessoal*. Todas as

²² Para se aprofundar na temática das pedagogias tradicionais, consultar: SAVIANI, D. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. 3. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

²³ O termo “pedagogias do aprender a aprender” foi cunhado por Newton Duarte e pode ser definido como um termo “guarda-chuva” que reúne os traços essenciais de diferentes correntes pedagógicas, entre elas, a Escola Nova, o Construtivismo, a Pedagogia das Competências e os estudos na linha do Professor Reflexivo. Para um maior aprofundamento na temática, consultar: DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas: Autores Associados, 2004.

funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual” (VIGOTSKI, 2007, p.57, grifos nossos).

Esse processo de internalização não ocorre de forma mecânica e direta, ou seja, não é meramente uma cópia daquilo que o professor discursa em sala de aula, por exemplo. De acordo com Vigotski (2009), o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Como já foi discutido anteriormente, “um professor que tenta fazer isso geralmente obtém uma repetição de palavras pela criança, semelhante à de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo” (VIGOTSKI, 2008, p. 104).

Esta forma de pensar a aprendizagem é vazia em significado e sentido. O que se pode observar é o aluno discursando uma cópia daquilo proferido pelo professor, mas estas palavras não passam de uma mera decodificação, pois esta nova informação não existe como uma generalização abstrata do conhecimento, elemento chave para a formação do conceito científico. Mas, como afirma Machado (1999, p. 38) “o processo de internalização implica uma reconstrução individual das formas de ação realizadas no plano do subjetivo, reconstrução essa que permite uma contínua e dinâmica configuração do funcionamento individual”. A reconstrução da informação é individual, não pelo fato de ser elaborada pelo aluno somente, mas é a valoração, significado e sentido que esta informação adquire quando passa para o nível intrapessoal.

No processo de aprendizagem, a internalização, então, por se tratar de um processo de reconstrução individual do discurso do adulto mais experiente, pode ser encarada como uma formação de um novo discurso, só que como fala interior. Esse novo discurso individual do aluno, de acordo com Bakhtin (2004), é o produto de toda a dinâmica discursiva da sala de aula acrescido da sua compreensão intrapessoal, isto é, o discurso individual é sempre o produto do discurso de outros.

O conceito internalizado adquire caráter de fala interior no pensamento do indivíduo, por meio do significado da palavra. Lembrando que em seu pensamento o conceito existe como pensamento verbalizado.

Quando se pede para que um estudante expresse, por meio da escrita ou oralmente, um conceito que foi apropriado por vias não conscientes (espontâneo), na maioria dos casos, há dificuldade. Vigotski (2008) esclarece que:

O adolescente formará e utilizará um conceito com muita propriedade numa situação concreta, mas achará estranhamente difícil expressar esse conceito em palavras, e a

definição verbal será, na maioria dos casos, muito mais limitada do que seria de esperar a partir do modo como utilizou o conceito (VIGOTSKI, 2008, p. 99).

Desta forma, podemos inferir, em concordância com o mesmo autor, que a utilização dos “conceitos” na realidade precede a análise e tomada de consciência do próprio conceito. Essa dificuldade encontrada pelos alunos em externalizar, por meio da linguagem oral ou escrita, o conceito que foi apropriado é justificado pela falta de desenvolvimento psíquico requerido às formas de abstrações que são características dos verdadeiros conceitos. Pois, muito mais difícil é definir um conceito de forma generalizada e abstrata quando este está fora da situação concreta. Neste sentido, o nosso trabalho como professor de Química é propiciar o desenvolvimento de funções superiores que possibilitem aos alunos se apropriarem de signos, próprios desta ciência, nas suas máximas abstrações. De modo que possam olhar para uma estrutura de moléculas orgânicas para além da sua face aparente.

O estudo desenvolvido por Vigotski (2009) sobre a apropriação dos conceitos para se estabelecer um pensamento conceitual, o qual busca compreender a realidade para além da sua aparência imediata, relaciona-se com o que Davidov (1988a) irá chamar de pensamento teórico. Assim, a forma de pensamento que se realiza, majoritariamente, por meio dos conceitos espontâneos, no que se relaciona àquilo que é dado na sua aparência, será chamada de pensamento empírico por Davidov (1988a). Nessa direção, discutiremos esses dois conceitos com mais detalhes no próximo item.

3.5 UMA RELAÇÃO DIALÉTICA ENTRE PENSAMENTO EMPÍRICO E PENSAMENTO TEÓRICO

Nesse item, nos dispomos a realizar uma discussão sobre as especificidades do pensamento empírico e do pensamento teórico, segundo a psicologia histórico-cultural. Além disso, a pensar nos fundamentos que essa teoria psicológica nos traz, com a intenção de apontar na direção das possibilidades de superação do pensamento empírico, visando a elaboração de um pensamento teórico, através da educação escolar.

Como já citamos anteriormente, a escola tem o papel de disponibilizar o conhecimento sistematizado ao longo da história da humanidade para os indivíduos. Esse conhecimento sistematizado é objetivamente os conteúdos referentes às ciências, filosofia e arte. No entanto, é necessário organizar o trabalho pedagógico, pensando em quais conteúdos são relevantes e os meios para desenvolvê-los no processo didático-educativo. Refletir sobre esses pontos é relevante, pois eles determinam, essencialmente, o tipo de consciência e de pensamento que

irá se formar nos estudantes durante o processo de apropriação dos conteúdos, das atitudes e hábitos (DAVIDOV, 1988a).

A compreensão da diferença entre o pensamento empírico e o pensamento teórico (dialético) é importante para o objetivo desse trabalho, pois, se trataremos de formular princípios didáticos, refletir sobre qual o tipo de pensamento queremos formar nos alunos, isso nos levará à organização do trabalho pedagógico alinhado com os pressupostos dos professores.

É importante deixar claro, também, que a formação do pensamento, seja ele empírico ou teórico, para o materialismo dialético, é sempre considerada um processo objetivo da atividade humana organizada em sociedade. Nesse sentido, o pensamento de um indivíduo isolado sempre irá representar o funcionamento da atividade humana historicamente acumulada e que foi apropriada por ele, seja pela vivência objetual-prática em sociedade ou pelos estudos. A relação que o ser humano possui com a natureza, de transformá-la, a partir das suas necessidades, através da sua experiência prática, gera um tipo de atividade subjetiva que chamamos de pensamento. O ato de pensar significa criar, recriar, inventar, construir mentalmente o projeto idealizado, transformar esse projeto, esquematizar (DAVIDOV, 1988a). Todos esses processos, apesar de acontecer no indivíduo, são compartilhados, e refletem tanto o pensamento individual como o social.

Desde já, colocamos nossa posição a favor de um ensino que busca ascender à consciência e o pensamento teórico, “cujas principais leis são evidenciadas pela dialética materialista como lógica e teoria do conhecimento” (DAVIDOV, 1988b, p. 103). Com isso, não estamos negando a relevância do pensamento empírico, muito pelo contrário, consideramos que esse tipo de pensamento fornece as bases da consciência e deve ser o primeiro a ser desenvolvido nos indivíduos. Entretanto, apesar de ser importante, o pensamento empírico não é o mais efetivo, na atualidade, para o desenvolvimento pleno da humanidade. Isso se dá porque, no mundo atual, já existe um aumento considerável de conhecimentos teóricos, e estes precisam ser assimilados para possibilitar a humanização dos estudantes. Desse modo, traçaremos um caminho mostrando as características, a formação e a consolidação de um pensamento empírico, que é importante de início, mas que carece de aspectos relevantes para a compreensão da realidade na sua essência, chegando ao pensamento teórico.

A formação de conceitos empíricos é tratada pela psicologia histórico-cultural como uma forma de generalização empírica, a qual consiste, dentre outras, no indivíduo, por meio

da comparação, separar do grupo de objetos algumas propriedades repetidas. Nesse sentido, no processo de generalização, há a busca da relação entre a palavra e as propriedades do objeto designado dentro de uma multiplicidade, além da busca pelo reconhecimento desses objetos dentro da totalidade com a ajuda do invariante (a palavra) (VIGOTSKI, 2009). Isto é, aquilo que aparece expresso na palavra ocorre como resultado do reflexo sensorial empírico no pensamento abstrato. Esse processo de formar generalizações conceituais é, sem dúvida, uma das finalidades principais para o ensino escolar, de acordo com a pedagogia histórico-crítica.

Para o pensamento empírico, o geral é como algo que se repete, estável, é o invariante que define as diversas propriedades do objeto de certa classe, constituindo o essencial. Esse processo de generalização requer o movimento da passagem da percepção concreta, sensorial, ao conceito abstrato, imaginável. O geral, nesse caso, é o resultado da comparação de objetos singulares, de sua generalização em um conceito sobre uma ou outra classe de objetos. Para isso, faz-se necessário estabelecer uma relação de sistematização daquilo que é perceptível do objeto. A sistematização pressupõe esquemas de classificação que refletem as correlações dos conceitos (DAVIDOV, 1988a). Por exemplo, os alunos aprendem a classificar os animais e as plantas, classificam as representações moleculares dos compostos orgânicos, classificam as partes da palavra e a oração etc.

O processo de ensino é fundamental para o processo de sistematização, pois a palavra do professor direciona a observação dos alunos, indicando os aspectos do objeto que merecem atenção, orienta a análise para diferenciar as características essenciais dos fenômenos daqueles que são secundários e, por fim, associa a palavra aos traços distinguidos que são comuns para toda série de fenômenos. Isso, por sua vez, se converte em seu conceito generalizador.

Sobre o processo de formação dos conceitos empíricos, Davidov (1998b) afirma:

Vale assinalar que o enfoque indicado da psicologia, da didática e dos métodos de ensino acerca da abstração, a generalização e a formação do conceito nos escolares corresponde à interpretação lógica formal destas operações mentais. A coincidência se observa aqui, em primeiro lugar, na interpretação do geral só como o igual ou semelhante no grupo de objetos; em segundo lugar, na interpretação do essencial só como traço distintivo da classe de objetos; em terceiro lugar, na descrição da transição da percepção à representação e, depois, ao conceito (DAVIDOV, 1988b, p. 107).

Davidov (1988a) também nos alerta que o pensamento, atrelado à lógica formal, examina os traços do conceito apenas sob o ponto de vista da função de diferenciar uma classe de objetos de outra, relacionando com um ou outro conceito de outra classe. O

pensamento que busca a essência dos objetos na sua natureza, no seu movimento do que foi, do que veio a ser e do que poderia ser é um problema da lógica dialética. Essa diferenciação é fundamentada pelo conhecimento de que a essência dos objetos possui conteúdo distinto dos fenômenos e das propriedades que são dadas diretamente.

Os conceitos empíricos, formados no indivíduo através do pensamento que se realiza com base nas abstrações e generalizações da lógica formal, pressupõem a possibilidade de operar com os traços sensoriais que são dados na imediatez dos objetos estudados. Nessa mesma lógica, incluem-se também os conceitos elaborados no cotidiano (os conceitos espontâneos), pois esses não se expressam através das especificidades teóricas dos conceitos estritamente científicos. Esse tipo de conceito toma as propriedades externas e aparentes dos objetos como sua essência, não distinguindo os aspectos essenciais internos daqueles que são dados imediatamente nos fenômenos. Igualar os traços externos dos objetos, com o seu conteúdo do correspondente conceito, pode levar ao fato de que suas verdadeiras propriedades não sejam colocadas em evidência.

Como evidenciamos no início deste item, o pensamento empírico tem sua relevância, pois é a partir dele que o indivíduo começa a desenvolver as funções do entendimento da realidade a partir da separação, classificação e abstração das características perceptíveis do objeto. Tais funções do entendimento iniciam o conhecimento racional e “se gera o conhecimento sobre a identidade abstrata, sobre aquilo que é abstratamente universal, fixado no conceito” (DAVIDOV, 1988b, p. 110). É por meio do entendimento que os objetos são captados em suas características diferentes e fixados em uma classe. Além disso, o pensamento empírico é relevante, em certa medida, pois assegura que as pessoas ampliem o seu campo de discriminação e designação das propriedades dos objetos e estabeleça suas relações, até mesmo aquelas que não são observáveis, mas que podem ser deduzidas indiretamente sobre a base racional. Assim como, também, esse tipo de pensamento serve para resolver muitas tarefas utilitárias, bastando conhecer os aspectos externos do objeto.

Em contrapartida, o pensamento empírico proporciona abstrações que se limitam à saturação de imagens visuais concretas do objeto, combinações das descrições e exemplos concretos que a ilustram, e isso, por si só, não enriquece e dota de conteúdo o estudo do objeto. Já o pensamento dialético sai dos limites do pensamento empírico, na busca de descobrir no objeto o concreto como unidade das diferentes definições, já que o entendimento reconhece só por separado. O pensamento dialético coloca em evidência o movimento, as

transições, o desenvolvimento, e é por meio dele que se pode analisar os objetos de acordo com a natureza própria deles.

Mesmo sabendo que o objetivo fim da educação escolar, de acordo com a PHC, é desenvolver o pensamento teórico no aluno, este perpassa pelo pensamento empírico, e é tarefa obrigatória e importante, pois o entendimento faz parte das formas de pensamentos superiores característicos do ser humano e confere aos conceitos precisão e determinação. O problema que foi evidenciado pela psicologia histórico-cultural é que o pensamento empírico não pode adquirir um papel dominante, autônomo e final. Nesse sentido, cabe à educação escolar encontrar vias de ensino nas quais o entendimento se transforme em um momento da razão, passando posteriormente à compreensão, à consciência, ao pensamento teórico.

O pensamento teórico tem como conteúdo específico a sua existência mediatizada, refletida e essencial. Esse pensamento se realiza através do processo de idealização, um dos aspectos da atividade objetual-prática, da reprodução, das formas universais das coisas. Sobre a base do pensamento teórico, Davidov (1988b) afirma:

[...] que [este] já não opera com representações mas, propriamente, com conceitos. O conceito aparece aqui como a forma de atividade mental por meio da qual se reproduz o objeto idealizado e o sistema de suas relações, que em sua unidade refletem a universalidade ou a essência do movimento do objeto material. O conceito atua, simultaneamente, como forma de reflexo do objeto material e como meio de sua reprodução mental, de sua estruturação, isto é, como ação mental especial (DAVIDOV, 1988b, p. 128).

Desse modo, ter um conceito sobre um objeto significa reproduzir mentalmente o seu conteúdo e não apenas como uma imagem mental. Essa ação mental de construção e transformação do objeto constitui o ato de sua compreensão e explicação, a descoberta da sua essência. Saber expressar o objeto em forma de conceito significa compreender sua essência.

O pensamento teórico por ser ontologicamente mediatizado, necessita de um sistema simbólico, seja material ou gráfico, para idealizar os objetos materiais, em meios de transição destes ao plano psíquico. Nesse sentido, o símbolo atua como mediador, como um instrumento para revelar a essência de outras coisas captadas sensorialmente, a sua universalidade. Essa revelação não salta aos olhos, mas é sistematicamente elaborada pelo pensamento, mediado por símbolos que expressam o universal nos objetos e que carregam a objetivação da atividade humana. Ou seja, a revelação e a expressão simbólica se configuram como a passagem à reprodução teórica da realidade.

Diferente do pensamento empírico, o pensamento teórico sempre pertence a certo sistema de integração, pois os fenômenos são objetivamente inter-relacionados, pois, em

conjunto, constituem um todo organizado. Já o pensamento empírico relaciona as dependências como resultado das observações sensoriais e, ao invés de penetrar na relação interna, limita-se a descrever, classificar, expor e esquematizar todas as manifestações externas do processo da realidade.

Como o pensamento empírico está mais vinculado com a imediatividade fenomênica, então, preocupa-se com o que o objeto é. Já o pensamento teórico se preocupa com o presente e observável (como a coisa é), correlacionando mentalmente com o passado (como a coisa era) e com as potenciais possibilidades do futuro (como a coisa poderá ser). Nessa busca pelo movimento do objeto é que se pode encontrar sua essência, a partir das diferentes coisas em interação que compõe o todo.

O limite da diferença entre a experiência propriamente sensorial, a qual caracteriza majoritariamente o pensamento empírico, e o pensamento teórico, está em ir além do objeto dado tal como é em si mesmo, mas apontar na direção de esclarecer as causas internas e as condições de sua origem. Podemos expressá-las nas questões: para que e por que, sobre que base, devido a que possibilidade se tornou no que é e não em outra coisa, o que potencialmente poderá ser o objeto.

É importante destacar que as ações do sujeito no mundo, através das sensações dos objetos concretos, são a verdadeira base dos conceitos que possuem forma simbólica, que se objetivam em forma de signo. “Os conceitos, apoiando-se nestas ações, revelam o conteúdo universal dos objetos, sistematiza-os e formam uma teoria, a qual corresponde ao conteúdo interno dos objetos” (DAVIDOV, 1988b, p. 139). Essa unidade entre o sensorial e o racional, no conhecimento teórico sobre a realidade, representam o método materialista dialético de se formar um pensamento teórico. Nesse sentido, o verdadeiro conhecimento concreto da realidade não depende se está mais próximo das representações sensoriais ou mais atrelado às abstrações, mas se o conhecimento sobre o objeto está mais próximo do seu conteúdo.

Se o fenômeno for analisado sem considerar sua inter-relação com a totalidade, como algo isolado e autônomo, trata-se somente de um conhecimento abstrato, por mais rico em detalhes externos e dos exemplos que possam ilustrá-lo e parecer concreto. Em contrapartida, se o objeto for analisado como unidade com a totalidade, levando em consideração suas objetivações internas e relacionando-o com outros fenômenos e objetos, com a sua essência, trata-se, então, de um conhecimento concreto, mesmo que sua expressão seja através dos signos e símbolos que parecem o mais abstrato.

Davidov (1998b) sintetiza duas formas fundamentais que o pensamento teórico se realiza:

1) pela análise dos dados reais e sua generalização separa-se a abstração substantiva, que estabelece a essência do objeto concreto estudado e que se expressa no conceito de sua “célula”; 2) depois, pelo caminho da revelação das contradições nesta “célula” e da determinação do procedimento para sua solução prática, segue a ascensão a partir da essência abstrata e da relação universal não desmembrada, até a unidade dos aspectos diversos do todo em desenvolvimento, ao concreto (DAVIDOV, 1988b, p. 150).

Disponibilizar os instrumentos para que os alunos possam analisar a realidade na sua concreticidade através da elaboração de um pensamento teórico é papel do trabalho educativo escolar. E é nossa responsabilidade, como professora e professor, compreender como funciona esse processo para poder organizar da melhor forma possível o nosso fazer pedagógico.

3.6 SIMBOLIZAÇÃO E ESCRITA COMO O APOGEU DO DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM

A discussão que este item se propõe a fazer é de grande relevância para o nosso objetivo de sistematizar princípios didáticos norteadores do ensino de representações estruturais dos compostos orgânicos, tanto do ponto de vista da atividade pedagógica do professor quanto das representações das estruturas dos compostos que a Química utiliza para explicar os fenômenos.

De acordo com as autoras Martins, Carvalho e Dangió (2018), a aquisição da escrita se torna um dos requisitos básicos para que os indivíduos se humanizem e façam parte das tomadas de decisões em sociedade de forma efetiva. Nesse sentido, a apropriação desta elaboração cultural – a escrita – demandou modos sistematizados de ensino, levando ao surgimento da escola como instituição responsável pela elaboração e desenvolvimento nos indivíduos, da faculdade de leitura e escrita. Vale ressaltar que os sistemas simbólicos científicos também estão inclusos nesse processo de humanização conferida à educação escolar, logo, é papel do professor compreender os processos psíquicos de aquisição da escrita e da leitura, para saber a melhor forma de disponibilizar os instrumentos necessários visando atingir, assim, o objetivo fim do processo educativo.

Ao longo da história da humanidade, mulheres e homens elaboraram criações mais simples de símbolos gráficos e mnemônicos, até sistemas de escrita simbólica alfabética mais complexa, com a finalidade de expressar ideias, contar fatos etc. Entretanto, para que haja

comunicação verdadeira através destes símbolos, é necessário que estes sejam lidos e compreendidos. Dessa forma, podemos definir que a leitura é uma atividade que mobiliza variadas funções psicológicas para extrair sentido de símbolos escritos ou impressos, a fim de orientar a recuperação de informações da sua memória e, por sequência, criar uma interpretação da mensagem do escritor (FISCHER, 2006).

A perspectiva teórica da psicologia histórico-cultural – que este trabalho toma como embasamento – é contrária às concepções psicológicas que explicam o processo de elaboração da escrita pelo indivíduo através da simples decorrência da aquisição do hábito de treinar a coordenação motora e da mera associação de sons e símbolos visuais. Como também, associam o desenvolvimento da escrita como um processo de amadurecimento de estruturas cognitivas ou, até mesmo, de hipóteses individuais e espontâneas sobre tal técnica cultural, utilizando como fundamentos perspectivas de aptidão neurocognitivas individuais e a inserção em um ambiente estimulante para o sucesso do processo. O que podemos inferir disso é que essas compreensões têm contribuído para que sejam privilegiados procedimentos didáticos, atrelados ao desenvolvimento biológico, à idade cronológica do indivíduo, com valorização e, muitas vezes, dependência dos aspectos maturacionais da coordenação motora e da percepção, ou vinculados às suas motivações e desejos (TULESKI; CHAVES; BARROCO, 2012).

Diferentemente das concepções biologizantes do processo de elaboração e desenvolvimento da escrita, a perspectiva psicológica deste trabalho de pesquisa compreende a linguagem escrita como uma técnica culturalmente desenvolvida pela humanidade. Nos aspectos ontológicos, a elaboração e desenvolvimento da escrita estão intimamente relacionados com os fatores sociais de apropriação da cultura e, em seus aspectos históricos, essa maneira de se comunicar passou por diferentes fases de desenvolvimento (LURIA, 1987). Ainda assim, para Vygotski (2001, p. 327), a linguagem escrita representa “[...] a forma mais elaborada, mais exata e mais completa de linguagem, posto que nela o pensamento deva expressar-se completamente nos significados formais das palavras adotadas e pela precisão sintática”.

A escrita se constitui como “um sistema especial de símbolos e signos cujo domínio significa uma mudança crítica em todo o desenvolvimento cultural da criança” (VYGOTSKI, 1995, pp. 183-184). Dessa forma, a apropriação da escrita pela criança não se limita à aprendizagem de símbolos, sons e letras, como simples soletração ou decodificação, devendo ser compreendido o seu processo histórico, a sua origem na humanidade e as suas relações, para, então, converter-se nesse poderoso meio cultural. Nesse sentido, Soares (2016) afirma,

em concordância com Tolchinsky (2013), que a concepção da escrita, como um sistema de representação construído historicamente, é caracterizado por três dimensões:

[...] é uma representação *arbitrária*, porque “o elo entre formas e conteúdo não se expressa em termos de similaridade, causalidade, relações parte-todo ou conexões lógicas ou naturais”; é uma *representação* convencional, porque exige uma “inculcação social específica”. De modo a garantir uma “uniformidade de interpretação para signos arbitrários” (2003, p. 13); e é uma representação *sistemática*, porque “os signos constituem um sistema”: o significado de cada signo é determinado pelo sistema de que ele faz parte (2003, p. 14) (SOARES, 2016, p. 47, grifos do autor).

Podemos, então, afirmar que o domínio da linguagem escrita, levando em consideração todas as suas dimensões, significa para o indivíduo dominar um sistema simbólico extremamente complexo. Deste modo, compreendemos a linguagem escrita como uma aquisição complexa do psiquismo, como o apogeu da linguagem, como uma conquista instrumental e não um hábito motor.

No aspecto filogenético da elaboração e do desenvolvimento da escrita, Martins, Carvalho e Dangió (2018, p. 338) afirmam que “sistemas de escritas foram elaborados, reelaborados e até mesmo extintos por diferentes povos e foram necessários mais de seis mil anos para que a escrita alcançasse o estágio no qual se encontra”. Entretanto, antes de se chegar nesse estágio, o ser humano criou uma infinidade de simbologia gráfica, pictórica e mnemônica para acumular informações.

Já sobre os campos da sociedade, podemos citar os pictogramas das placas de trânsito e a linguagem científica – com enfoque especial e específico para a linguagem química, objeto deste trabalho, pois, por meio de uma representação de uma estrutura molecular, por exemplo, tem o objetivo de comunicar uma ideia, um significado. Podemos afirmar, então, que a superação de um sistema de linguagem escrita por outro não aniquila automaticamente o anterior, mas há uma evolução em forma de espiral ascendente, de modo até que uma forma de representação acaba auxiliando outra.

Neste momento discutiremos o aspecto ontogenético da linguagem escrita. Trataremos de como o indivíduo elabora o sistema de escrita através da apropriação cultural e de como ocorre o seu desenvolvimento, analisando desde seu princípio com o desenvolvimento das funções superiores, bases para a aquisição da escrita, passando pela relação entre fala e escrita, até chegar às formas mais aprimoradas, do ponto de vista da abstração e do desenvolvimento psíquico.

Na perspectiva da psicologia histórico-cultural, a capacidade que um indivíduo tem para ler e escrever se mostram intimamente dependentes de um processo mais amplo, ou seja,

o desenvolvimento da psique humana. Desse modo, Luria (2010) afirma que a relação da criança com a escrita começa bem antes do momento que a professora/professor coloca um lápis em sua mão e tenta lhe ensinar como formar letras. Antes mesmo de entrar na escola, a criança já desenvolveu funções psicológicas superiores que são fundamentais para o processo de apropriação desse sistema simbólico. Ainda assim, vale enfatizar que a aprendizagem da leitura e da escrita, dentro desse aporte teórico, tem suas raízes na formação cultural do psiquismo como um todo, antecipando aos atos pedagógicos voltados especificamente para esse fim. Daí, então, a importância de uma educação infantil, antes do processo de alfabetização propriamente dito, que seja pautada no desenvolvimento funcional como um todo.

Tendo em vista o que foi discutido nos itens anteriores sobre a elaboração da linguagem em todos os seus aspectos até aqui (relação de constituição com o pensamento; linguagem exterior, egocêntrica e interior; a fala; abstrações conceituais; etc.), o passo seguinte que se dá no desenvolvimento da linguagem é na elaboração da escrita a partir da transição da codificação das unidades de sons (fonemas) em unidades de escrita (letras/símbolos), numa relação com o significado da palavra, ou o significado da representação. Esse processo pode ser denominado de simbolização e, para isso, o indivíduo precisa mobilizar todo um sistema de funções e formas intelectuais de comportamento pelo qual deverá controlar e edificar suas atividades gráficas.

O período de desenvolvimento psíquico precedente à apropriação da escrita simbólica foi denominado por Luria (2010) como a pré-história da escrita e foi dividido nos seguintes estágios: pré-instrumental, escrita gráfica não diferenciada, escrita gráfica diferenciada e escrita pictográfica. É importante lembrar que os estágios que aqui serão demonstrados não têm dependência com a idade do indivíduo, assim como nos estágios de desenvolvimento psíquico explanados em item anterior. Neste sentido, os estágios da pré-história da escrita estão intimamente condicionados à apropriação cultural, à vivência social do indivíduo com o sistema de escrita vigente.

No primeiro estágio, *pré-instrumental*, de acordo com Francioli (2013), o que se observa é que o indivíduo se limita a um processo de imitação da escrita dos adultos letrados sem qualquer significado funcional. Geralmente a criança, nessa etapa, demonstra apenas uma relação externa com a escrita e produz rabiscos sem sentido, sem ter a consciência que os rabiscos podem promover um auxílio para a sua memória. No estágio seguinte, *escrita gráfica não diferenciada*, o indivíduo passa a utilizar os rabiscos que faz, não para ler, mas para

lembrar-se de algo que lhe foi dito. A escrita neste estágio funciona como um instrumento auxiliar da memória e há a grande possibilidade do indivíduo esquecer rapidamente daquilo que registrou. Nesse estágio há o emprego de uma forma primitiva de escrita e por isso chama-se de não-diferenciada. O indivíduo passa por um processo de criação de signos para a memória, da mesma maneira que os povos primitivos faziam (FRANCIOLI, 2013).

De acordo com Martins, Carvalho e Dangió (2018, p. 343), “com a maior objetividade às marcas gráficas e com o seu uso na condição de signos, tem início o estágio da *escrita gráfica diferenciada*”. Nesta fase, a escrita do indivíduo ainda é confusa, mas ele percebe que pode utilizar os seus registros como forma de ampliação da sua capacidade para memorizar algo que foi ditado. A diferença para o estágio anterior é que ele lembra com confiança do que foi capaz de escrever e registra com marcações diferenciadas, para fazer a memória funcionar mais ativamente para aquilo que está sendo ouvido.

O estágio seguinte, a *escrita pictográfica*, é marcado pela adoção do desenho como forma de registro principal. Luria (2010, p. 166) mostra que “o desenho transforma-se, passando de simples representação para um meio, e o intelecto adquire um instrumento novo e poderoso na forma da primeira escrita diferenciada”. É neste estágio que são observados os primeiros indícios da funcionalidade do desenho convergindo para uma atividade intelectual complexa, para o processo de simbolização. Se fizermos um comparativo com o processo de elaboração da escrita, no que tange o aspecto filogenético, percebemos que a humanidade passou por um estágio de escrita pictográfica até se chegar nos registros da escrita simbólica fonográfica.

É importante salientar que há uma diferença radical entre o desenho e a escrita:

[...] posto que na estrutura interna do desenho infantil radica uma relação direta entre a representação gráfica e dado conteúdo sensível, ou seja, a criança desenha “coisas” e não palavras. Diferentemente, a escrita não se estrutura em uma relação direta com o objeto, mas com a palavra que o designa. Daí que a linguagem oral esteja para a representação do objeto tanto quanto a linguagem escrita está para a linguagem oral. Sendo assim, o avanço do estágio da escrita pictográfica em direção à escrita simbólica subordina-se à capacidade abstrativa da criança, pela qual ela apreende que o ato de escrever é guiado pela palavra a ser escrita (MARTINS, CARVALHO, DANGIÓ, 2018, p. 343, grifos das autoras).

De acordo com as autoras, a revolução na estrutura psíquica, transformando a abstração pictográfica para a fonográfica, é um processo que abre um mundo de possibilidades para o indivíduo e é condição necessária para a sua humanização plena. Luria (2010) concebe que o estágio após a escrita pictográfica é a iniciação na escrita simbólica. Porém, nos trabalhos de Martins, Carvalho e Dangió (2018), as autoras perceberam, através

da análise de desempenho de crianças em seus experimentos, que entre esses estágios há um hiato que precisa ser mais estudado e preenchido. Neste sentido, elas propuseram duas subetapas como mediação entre o estágio pictográfico e o simbólico da escrita, sendo, então, a subetapa *pré-gráfica* e a subetapa *simbolismo gráfico* (MARTINS; CARVALHO; DANGIÓ, 2018).

A partir do momento que o indivíduo começa a descobrir que a cada palavra corresponde uma representação gráfica, assim como no desenvolvimento da fala havia descoberto que a cada objeto correspondia uma denominação, este é o período que se encontra na subetapa *pré-gráfica*. Para Martins, Carvalho e Dangió (2018), a criança precisa captar e discriminar os tipos de sons que emite a partir da sua fala, ou do que escuta de outra pessoa, para que possa apresentar a grafia do som. Em termos pedagógicos, a fala é tomada como ponto de partida e de referência concreta para a criança, e é a partir dela que se deve extrair a relação entre som e letra como unidade de análise da palavra. “A palavra deve ser submetida à análise, isto é, deve ser decomposta pelos sons que a compõem, a serem representados por letras em suas formas gráficas correspondentes” (MARTINS; CARVALHO; DANGIÓ, 2018, p. 343). Ainda que o indivíduo relacione o fonema com o grafema, nesta subetapa, sua escrita ainda não é autônoma, pois não domina os procedimentos requeridos para generalizações entre sons e símbolos.

Na subetapa seguinte, o *simbolismo gráfico*, estão contidos os mecanismos acústicos necessários para a organização dos aspectos lexicais, semânticos e sintáticos da escrita simbólica. Como já citamos, o domínio do mecanismo acústico é prerrogativa para o indivíduo identificar a correspondência entre fonemas e grafemas, bem como a correspondência entre o grafema e o código lexical. Martins, Carvalho e Dangió (2018, p. 344) afirmam que “os sons são isolados mentalmente e sequencialmente aglutinados, conquistando significação fonética que orienta a transposição do fonema em grafema, caminhando para a consolidação das relações grafofônicas”. Vale ressaltar, ainda, que nesta subetapa, a escrita e a leitura também se manifestam como uma codificação da fala e decodificação da palavra. Além disso, há a predominância das ações em detrimento das operações de escrita e a superação disto consiste na inversão desta predominância.

Para tanto, a relação que o indivíduo precisa adquirir da grafia com as palavras faladas necessita ser automatizada, memorizada (através de técnicas e treinos práticos) para que a ação possa dar lugar à operação, apontando para uma escrita pautada em generalizações e abstrações mais complexas. É necessário estimular o hábito da grafia, pois o indivíduo

letrado, quando escreve, concentra sua atenção no conteúdo de seu pensamento e escreve sem atribuir atenção ao traçado das letras. Já no indivíduo não letrado ocorre o contrário, de modo que sua atenção está inicialmente na distinção entre sons que formam a palavra e na forma das letras, num esforço para perceber os sons iguais e ainda se esforçando para o êxito na coordenação motora no traçado desejado.

Em termos da simbologia utilizada na Química Orgânica, é necessário que o aluno saiba escrever e ler, por exemplo, representações estruturais dos compostos de forma automatizada, para que se possa apontar para o desenvolvimento de formas de abstrações mais complexas dentro desta ciência, como o estudo das interações químicas e mecanismos de reações químicas. Vale ressaltar que esse processo não é linear, isto é, não devemos mecanizar a grafia e a leitura das representações estruturais para depois estudar os conceitos que delas dependem. É necessário que haja uma atividade conjunta, a qual possibilite a apropriação dos conceitos que dependem das representações estruturais, ao mesmo tempo em que operacionalize a sua escrita e leitura. Contudo, a figura do professor para esse processo de apropriação da linguagem escrita é imprescindível, já que este processo não acontecerá de forma espontânea ou natural. É preciso que o docente tenha consciência dos estágios de desenvolvimento psíquico e dos estágios de elaboração e desenvolvimento da escrita para planejar as suas atividades didático-pedagógicas.

A discussão sobre a escrita se dará, agora, sobre suas propriedades específicas em relação a outras formas de linguagem (oral, gestual, sinais etc.). Por exemplo, sobre a fala, Sobral (2008, p. 24) em concordância com Bakhtin, mostra que “Quando diz algo, o sujeito sempre diz *de uma dada maneira dirigindo-se a alguém*, e o ser desse alguém interfere na própria maneira de dizer, na escolha dos próprios itens lexicais”. Ou seja, o enunciado que é falado, para que obtenha compreensão do interlocutor, é guiado por ele. Além disso, o que é proferido deve levar em consideração todo um contexto, pois uma frase pode ter infinitos enunciados em diferentes contextos, logo, pode expressar incontáveis significações dependendo de a quem está sendo dirigida e se os interlocutores comungam de uma mesma enunciação. No que se refere à relação entre o enunciado e a enunciação, na perspectiva de Bakhtin, Brait e Melo (2008) comentam que:

O enunciado, nessa perspectiva, é concebido como unidade de comunicação, como unidade de significação, necessariamente contextualizado. Uma mesma frase realiza-se em um número infinito de enunciados, uma vez que esses são únicos, dentro de situações e contextos específicos, o que significa que a “frase” ganhará sentido diferente nessas diferentes realizações “enunciativas” (BRAIT; MELO, 2008, p. 63).

De forma simplificada, o que entendemos por enunciação, segundo Bakhtin (2004), é o contexto comum entre os interlocutores, possibilitando um determinado sentido específico para certo enunciado. Nesse sentido, para que uma frase que foi proferida por um sujeito se torne um enunciado, é necessário que haja significado e sentido para o outro. Só assim a comunicação entre os indivíduos se dará de forma efetiva. A enunciação, de acordo com Bakhtin (2004), não necessariamente está relacionada com um contato direto entre os sujeitos da comunicação, com o horizonte espacial comum, pois se assim fosse, as relações comunicativas utilizando da fala só seriam possíveis de forma presencial. Mas, quando se trata de um contexto mais amplo, da enunciação de forma mais ampla, refere-se a uma base de informações prévias que fazem com o que a fala seja compreendida pelo sujeito, ou seja, um conhecimento e compreensão comum da situação por parte dos interlocutores.

Ainda assim, podemos exemplificar com duas situações hipotéticas: a) dois alunos estão em uma sala de aula e um deles olhando para certa direção diz “Que lápis bonito!”, rapidamente o enunciado é compreendido, pois o outro aluno tenta olhar na mesma direção e verificar a beleza do lápis. Se essa mesma frase fosse proferida fora do comum campo visual dos dois alunos, a frase não faria sentido para um deles, fazendo com que isso não se configurasse como um enunciado concreto. E, b) duas pessoas que foram à praia num dia anterior falam ao telefone e uma delas diz “Aquela praia não estava limpa”. Para outra pessoa que não foi à praia no dia anterior, não saberá da qual se trata. Mas para os interlocutores, apesar de não estarem em um horizonte espacial comum, eles compartilham do conhecimento e da compreensão que a fala se refere, cumprindo, assim, a função de enunciado.

Caso semelhante ocorre com enunciados que são transmitidos através de imagens e pictogramas. Por exemplo, sem uma educação de trânsito é difícil um indivíduo ter a compreensão de que uma placa com o desenho de um triângulo de cabeça para baixo signifique que o motorista deve dar a preferência ao outro, pois não é algo intuitivo. Logo, é necessário o processo de ensino. De forma análoga, não se deve esperar que um aluno tenha a compreensão do significado de representações estruturais de compostos orgânicos antes mesmo de um processo de ensino que seja estruturado didático-pedagogicamente para proporcionar a elaboração deste campo simbólico específico, o qual é tão essencial para esta ciência.

No caso da linguagem escrita, especificamente, os enunciados são escritos sem se ter conhecimento, muita das vezes, do seu leitor e do contexto no qual ele se encontra. Como, então, não há um horizonte espacial comum entre o escritor e o leitor, na escrita, o

desenvolvimento psíquico exige maior abstração, pois “falar fora de uma situação implica um grande grau de abstração, pois é preciso imaginar o ouvinte, é preciso dirigir-se a uma pessoa que não está ali naquele momento [...]” (PRESTES, 2012, p. 272). É uma forma de linguagem que precisa ser mais elaborada, descritiva, de modo que o enunciado se torne significativo e compreensível para o outro. E, mais uma vez, para atingir esse objetivo, faz-se necessário o conhecimento e a compreensão comum da situação por parte dos sujeitos da comunicação, o escritor e o leitor.

Como citamos anteriormente, existe uma motivação que guia o ser humano a se apropriar de um determinado instrumento. Nesse sentido, o que leva o indivíduo a se apropriar das formas de linguagem, primeiro, passa pelo alcance das suas necessidades básicas de sobrevivência, através da comunicação oral com os outros seres humanos. Por sequência, atinge níveis de motivação que vão além. A apropriação da escrita não está diretamente ligada a sanar necessidades básicas do ser humano, mas ela é necessária para que possamos nos apropriar das máximas objetivações humanas e para que o nosso psiquismo atinja níveis de abstrações elevadas, fator que influenciará na análise da realidade para além da aparência. Desse modo, possivelmente, será adquirido a instrumentalização necessária para compreender os movimentos contraditórios da sociedade e formas para sua transformação.

Não devemos esquecer-nos de um ponto importante para a psicologia histórico-cultural: o processo de desenvolvimento da linguagem, bastante estudado e discutido por Vigotski e seu círculo. Assim, como nas outras formas de linguagem, a escrita também passa por um processo evolutivo. Nos estudos feitos por Luria (2010), ele mostra que o desenvolvimento da escrita não se esgota a partir do momento que o indivíduo começa a escrever suas primeiras anotações escolares, por exemplo. Na realidade, esses primeiros registros denotam apenas o estágio inicial do desenvolvimento, o qual passa desde letras isoladas para palavras, frases, textos, símbolos científicos e signos auxiliares que, por si só, não fazem sentido, mas que desempenham um papel significativo de insinuar algo importante dentro daquele contexto.

4 A REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS: UM OLHAR HISTÓRICO E EPISTEMOLÓGICO

A partir da concepção teórica que adotamos, não há como tratar uma determinada problemática sem olharmos para o seu movimento histórico, como já citado anteriormente. Como falar sobre os princípios didáticos do ensino de representações de estruturas moleculares sem buscar, nos primórdios da sua elaboração e no seu desenvolvimento ao longo dos anos, os seus traços mais essenciais? É neste sentido que este capítulo irá se predispor em olhar para a história das representações de estruturas moleculares e perceber o que temos de mais essencial para a compreensão dos fenômenos químicos, os quais envolvem explicações desta natureza.

A concepção de representações de estruturas moleculares que temos atualmente não surgiu já pronta e da mesma forma que vemos nos livros didáticos de Química, seja nos livros voltados para o Ensino Médio ou o Ensino Superior. Ela surge em um contexto no qual nem as ideias de átomo, molécula e ligações químicas eram bem aceitas pela comunidade científica da época e, também, suas formulações não eram da mesma forma que conhecemos hoje. Por isso, é importante olhar para o movimento histórico e situar o leitor sobre os conhecimentos científicos que estavam por trás das formulações feitas pelos cientistas e as necessidades que os moviam. Já adianto que o leitor deverá ter paciência com o estudo desse recorte histórico, pois, às vezes, pode parecer que alguns relatos são desnecessários para o objetivo que este trabalho se propõe, no entanto, será relevante para mostrar as contradições e os embates de ideias que permeavam o debate científico da época, os quais serão importantes para pensar os princípios didáticos.

Buscar as origens da formulação de representações de estruturas moleculares nos levará ao campo da Química Orgânica, pois foram os cientistas que se envolviam com essa área da química que sentiram por primeiro a necessidade de elaborar este conhecimento na tentativa de explicar os fenômenos que eram observados a níveis macroscópicos.

Como subárea da Química, a Química Orgânica geralmente é definida como a área da química que estuda a maioria dos compostos formados pelo elemento Carbono. Mas, essa concepção que temos atualmente não existiu desde o seu surgimento. O que se tem nos registros histórico é que o nome “Química Orgânica” surge em um artigo publicado por John Jacob Berzelius, no *Journal de Physique, Chimie et d’Histoire Naturelle*, em 1811, intitulado como *Essai Sur La Nomenclature Chimique* (CEDRAN, 2015).

Estudos feitos por Antoine Laurent de Lavoisier, no século XVIII, apontaram que muitos dos compostos encontrados nos seres vivos eram constituídos pelo elemento carbono. E foi a partir disso que Berzelius criou a teoria do vitalismo ou a teoria da força vital, a qual dizia que tais substâncias surgiram a partir de materiais presentes nos seres vivos e de um conteúdo não material, o que ele denominou de força vital, algo que não poderia ser criado pelo ser humano de forma sintética (CEDRAN, 2015). Ou seja, já se tinha o conhecimento de que grande parte dos compostos encontrados nos seres vivos era constituído pelo elemento carbono, mas a produção desses compostos, de acordo com Berzelius, só poderia se dar pelos organismos vivos, sejam vegetais ou animais, e nunca poderiam ser sintetizados pelos seres humanos, visto que a produção destes compostos dependia de uma força vital.

Essa concepção da Química Orgânica, elaborada por Berzelius, só vai começar a perder espaço a partir do momento que Friedrich Wohler consegue sintetizar a ureia (um composto orgânico de origem animal) a partir do cianato de amônio – uma substância inorgânica. Desse modo, a teoria do vitalismo foi colocada em questão e outras formulações precisaram surgir para dar conta da nova realidade científica. Como o nome “Química Orgânica” já era bastante utilizado e consolidado no meio científico, a sua definição e a sua concepção foram alteradas, mas o nome permaneceu.

O nosso foco dentro do campo da Química Orgânica será discutir as representações de estruturas dos compostos orgânicos. Deste modo, o movimento que faremos não será de contar a história, mas de buscar os elementos da história que nos ajudarão a compreender as principais formas de representações estruturais que aparecem no ensino de química. Não estamos aqui desprezando os estudos que adotam uma abordagem de contar a história, sabemos da sua relevância. Porém, para atingir o nosso objetivo, acreditamos que a melhor forma é analisar as formas de representações estruturais dos compostos orgânicos como aparecem no ensino de química orgânica atualmente e entender o seu movimento histórico, a fim de buscar os traços mais essenciais e que devem ser levados em consideração no processo didático.

Durante o processo histórico de desenvolvimento da química, em meados do século XIX, houve a necessidade de elaborar representações estruturais dos compostos orgânicos para poder auxiliar na compreensão das características e propriedades dos diferentes entes químicos. Para isso foi necessário criar e utilizar de signos que pudessem ser correlacionados com os fenômenos observáveis em escala macroscópicas, a fim de elaborar formas gráficas que pudessem representar o que pudesse ser os entes químicos a nível submicroscópico.

Desde então, conhecer e entender as diferentes formas gráficas de representação estrutural se tornou crucial para o trabalho dos químicos e para a compreensão da realidade como um todo. Não há como aprender química, nos modos atuais, sem apreender as representações das estruturas dos compostos orgânicos nos seus significados, pois essas fazem parte do conjunto de conceitos e da linguagem deste campo da ciência.

A função da representação estrutural para a química, de acordo com Araújo Neto (2009), transcende a mera função da comunicação entre os pares e envolve também a função heurística preditiva e explicativa. Ainda podemos ir além e apontar que a elaboração simbólica das estruturas dos compostos, de acordo com Vigotski (2009), promove um desenvolvimento psíquico do ponto de vista das abstrações e generalizações que não seria possível sem elas. Essa concepção corrobora a abstração como ferramenta teórica, a qual atua como mediadora da análise essencial da realidade objetiva e supera conclusões sustentadas nas definições imediatas da superficialidade aparente (VYGOTSKI, 1991). Ainda assim, podemos apontar que a realidade objetiva não pode ser apreendida pela consciência humana de forma imediata, como uma cópia mecânica exata e fidedigna do mundo exterior, pois, se assim fosse, a ciência não teria nenhum valor (MARTINS, 2013). Ou seja, a relação da representação é em última análise um processo mediado.

Nesse momento, uma questão pode chegar ao leitor: o que está se entendendo por *representação* afinal? Definir termos como “representação” passa por um debate teórico um pouco mais detalhado e, ainda assim, podem permanecer com respostas em aberto quanto ao mais apropriado a usar em nossa investigação. Por etimologia, o termo “representação” provém da forma latina *representare* que significa fazer-se presente ou apresentar-se, manifestar-se de novo, fazer presente alguém ou alguma coisa, inclusive uma ideia, por intermédio de alguém ou objeto (PITKIN, 1972). A palavra “representação” também foi bastante utilizada para o trato com algumas relações místicas, por exemplo, quando se tratava da maioria dos aspectos não corpóreos que estavam contidos nos rituais. Entretanto, Pitkin (1972) afirma que, na França medieval, o termo *représenter* já era usado para imagens e objetos inanimados com a função de criar abstrações, antes mesmo de ser usado para se referir a um objeto ausente ou uma pessoa agindo por outra. Em Santaella e Noth (2005) encontramos uma discussão acerca da definição do termo “representação”, apontando como o mais usual o conceito baseado no termo inglês *representation(s)*, o qual se relaciona de forma sinônima ao signo.

Tomando essas diferentes associações propostas ao termo representação como derivadas de processos de mediação em atividades simbólicas, podemos assumir que prevalece seu entendimento como um processo de substituição. Deste modo, o substituto, ou representante, está envolvido em uma estratégia complexa no qual toma o lugar de algo para alguém (ou para outro algo), ao mesmo tempo em que não é o representado, pois uma representação nunca é e nunca será uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de apresentá-la mediada pela abstração.

De acordo com Vigotski (2009), a representação se configura como signo; possível de comunicação, de imagem mental, de mediador da compreensão, de transformação intelectual, de operar como um estímulo de segunda ordem que, retroagindo sobre as funções psíquicas, transforma suas expressões espontâneas, naturais, em expressões volitivas, culturais.

É preciso evidenciar que essas representações não têm o papel de estabelecer meramente uma “ponte”, um “elo” ou um “meio” entre, por exemplo, o que tange à realidade submicroscópica e a macroscópica dos fenômenos químicos designados através das representações de estruturas moleculares. Ao contrário disso, a mediação que esses símbolos desempenham é uma interposição que provoca transformação, carregam a possibilidade de acesso às propriedades da realidade macro e submicroscópica, guardam a intencionalidade socialmente construída e promovem desenvolvimento.

4.1 O CARBONO TETRAÉDRICO E A REVOLUÇÃO DO PENSAMENTO QUÍMICO

Muitas vezes, os conteúdos da química são ensinados para os estudantes de forma pronta e acabada, sem mostrar o processo de desenvolvimento, as contradições envolvidas, os contextos históricos, as necessidades que levaram à elaboração de tais conhecimentos pela humanidade. É no sentido de desmistificar essa imagem equivocada da química, como um dogma para evitar a ideia de uma ciência feita basicamente por gênios ou que está longe da realidade objetiva de qualquer ser humano, que pretendemos fazer aqui uma discussão sobre as diferentes representações estruturais, a partir do movimento histórico e epistemológico. Esse movimento auxilia tanto o pesquisador a entender melhor as relações entre os objetos de estudo quanto o leitor que visa apreender este objeto a partir da leitura deste trabalho.

Queremos destacar que, discorrer acerca da história da química e, em especial, da evolução de um conteúdo específico, não é uma tarefa fácil. Por vários motivos, nem sempre o reconhecimento popular de um determinado achado científico é atribuído a todos os estudiosos que se debruçaram sobre o problema. Além disso, buscar a origem e evolução de

determinado conhecimento é se deparar com várias interpretações possíveis dentro de um dado contexto político, social e histórico.

Ao longo da exposição, perceberemos que a história da química está imersa em contradições. Em seu princípio, a evolução dos conhecimentos químicos conta com uma mistura de ciência e misticismo devido, possivelmente, a suas raízes alquímicas. Observa-se que, de um lado, buscou-se compreender os fenômenos químicos com base numa organização sistemática, fundados em leis e procedimentos reprodutíveis e, do outro, disseminar ideias isentas de fundamentos científicos.

Foi a busca minuciosa pela compreensão dos fenômenos observáveis macroscopicamente o que levou os cientistas a investigarem vigorosamente a natureza microscópica das substâncias e suas interações. Obter uma compreensão mais profunda e essencial dos mecanismos de reações químicas e das propriedades dos materiais não seria possível sem a investigação e elaboração do conhecimento sobre estruturas moleculares e atômicas, por exemplo. De acordo com Brown (1959), hoje os construtos teóricos em torno do entendimento de partículas submicroscópicas são tão valiosos que a interpretação do comportamento das mais variadas moléculas orgânicas se dá em termos de suas estruturas, ou seja, de suas constituições moleculares e configurações.

Araújo Neto (2009) relata, em concordância com Eliel e Wilen (1994), que as regras de nomenclatura ditadas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, do inglês International Union of Pure and Applied Chemistry²⁴) não fornecem uma definição bem clara e livre de equívocos sobre o termo “estrutura”. No entanto, uma atribuição comum e utilizada pelos autores tem sua origem na cristalografia e considera estrutura como “a posição no espaço de todos os átomos que constituem uma molécula” (ELIEL; WILEN, 1994, p.11). Já a representação estrutural através de signos que utilizamos na química é chamada de *fórmula estrutural*. Segundo a IUPAC, uma fórmula estrutural precisa fornecer informações sobre a forma pela qual átomos em uma molécula ou íon são ligados e organizados no espaço (LEIGH; FAVRE; METANOMSKI, 1998).

As pessoas que se envolvem com a química, atualmente, consideram crível que é possível conhecer certa organização atribuída ao ente químico e que se manifesta ao sujeito por meio da representação estrutural. Isso só ocorre devido à crença numa relação de causalidade entre o domínio ontológico da estrutura desse ente químico que não é acessível

²⁴ É importante destacar, que apesar da IUPAC cumprir um papel de unificação da linguagem química, possuímos críticas no que diz respeito ao processo de institucionalização da linguagem desta ciência. Esse processo muitas vezes tira o caráter cultural da linguagem química e centra em uma instituição específica.

diretamente (submicroscópico), e o domínio fenomenológico (macroscópicos) das manifestações sensíveis regulares que podem ser aparentes ao sujeito (ARAÚJO NETO, 2009). Porém, destacamos que essa relação de causalidade não é dada *a priori* aos seres humanos, mas sempre existiram na materialidade²⁵. Ainda assim, essa relação foi produto de racionalidade e acúmulo de objetivações humanas ao longo da história, fator que proporcionou essa elaboração tão revolucionária para a compreensão do mundo. Neste sentido, salientamos a importância da aprendizagem e do uso das representações estruturais com o intuito de nos tornarmos pessoas ativas socialmente, dado que teremos ferramentas para a compreensão da totalidade dos fenômenos na sua essência.

É importante salientar que antes de se ter elaborações sobre a estrutura dos compostos orgânicos, aspectos racionais já estavam inseridos nas primeiras discussões referentes às substâncias estudadas na época, como era o caso da determinação das fórmulas mínimas²⁶ por meio de análise química. Porém, alguns fenômenos que apareciam para os cientistas levantam novas questões que o conhecimento que se tinha até então não dava conta de responder, como por exemplo: como substâncias que tinham a mesma composição química apresentavam diferentes propriedades químicas e físicas? Na tentativa de responder essa questão Berzelius propôs o conceito de isômero, o qual envolvia diferenças de conectividade entre átomos e radicais dos compostos orgânicos, que atualmente conhecemos como isomeria constitucional. Com o passar do tempo a isomeria se tornou um conceito mais elaborado e complexo, pois estudos empíricos mostravam que compostos com a mesma conectividade também possuíam propriedades diferentes. A compreensão desse novo caso só poderia existir dentro da perspectiva de que os átomos podem se arranjar espacialmente de modo diferente dentro de uma mesma molécula, o que conhecemos como estereoquímica (RAUPP; PINO, 2015).

A necessidade de responder problemáticas como as apontadas acima, por exemplo, moveu os cientistas a elaborar novos conhecimentos voltados à compreensão da estrutura das moléculas. De acordo com Cedran e Santin Filho (2019),

[...] a noção de estrutura seria a “significação fenomenal” necessária para que fosse possível compreender a relação entre a fórmula dos compostos químicos e suas propriedades, ou seja, a relação entre os dados empíricos e uma proposta teórica que os sustentem e abram a possibilidade de novos fatos empíricos. (CEDRAN; SANTIN FILHO, 2019, p. 385)

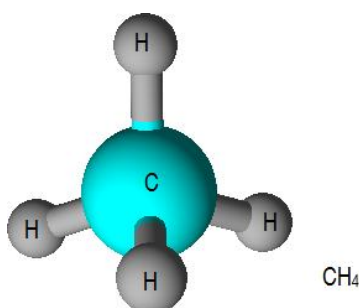
²⁵ Coerentemente com a base teórico-filosófica, assumimos uma perspectiva materialista no sentido de que o mundo submicroscópico existe na sua materialidade, ainda que os seres humanos não acessem esse nível da matéria de forma imediata e direta. Discutiremos mais sobre isso nos próximos itens.

²⁶ As fórmulas mínimas são fórmulas das substâncias químicas que levam em consideração a composição química referente aos elementos químicos e suas proporções mínimas em quantidade de matéria. Por exemplo, a fórmula mínima do etanol é C_2H_6O .

Essa significação fenomenal que os autores destacam é o que atualmente tomamos como um dos principais pilares da química orgânica: a estrutura dos compostos. E como não temos capacidade de acesso direto a entes químicos que são submicroscópicos, podemos fazê-lo através da utilização de signos atuando como intermediários. As representações estruturais possibilitam estabelecer a relação entre os resultados da análise química e as propriedades das substâncias. Tal relação é um dos principais aspectos (ou o principal) para o desenvolvimento e compreensão das estruturas dos compostos orgânicos.

Um ponto importante que queremos deixar claro é a diferença entre “estrutura” e “fórmula estrutural”. A fórmula estrutural é um conjunto de signos, criado pelos cientistas, para representar uma estrutura real, ela responde tanto ao conjunto de convenções acordadas para seu uso quanto ao conhecimento (leis, teorias, base empírica) que organiza esse uso, e não é comum encontrar estratégias de ensino que estejam em desacordo com esse sistema de formulação simbólica. Já a estrutura é algo que pertence ao ente químico e é derivada da sua constituição. Por exemplo, na fórmula estrutural adotamos um traço entre duas letras “C” para representar uma ligação simples entre dois carbonos (C-C). Porém, na estrutura real da molécula não há nada além de forças elétricas que proporcionam essa ligação, ou seja, há uma diferença entre a “fórmula estrutural”, que está relacionada com as representações, e a “estrutura” em si, que está relacionada com o ente químico na sua realidade. Nesse momento, tomaremos como exemplo a estrutura molecular do metano (CH₄). Como conhecemos atualmente, ela tem uma geometria tetraédrica com o átomo de carbono no centro dessa estrutura, como mostra a imagem da representação estrutural abaixo. (Figura 1)

Figura 1 - Representação estrutural tetraédrica para o metano



Fonte: elaborada pelo autor

As explicações para uma estrutura tetraédrica da molécula de metano – a qual aparece em livros didáticos – atualmente perpassa por explicações que envolvem teorias que

contemplam a existência dos elétrons e suas interações, orbitais atômicos, orbitais moleculares, orbitais híbridos. Nisso, as propriedades físicas e químicas passam a ser compreendidas como derivadas das interações eletrônicas intra e intermoleculares. Porém, a primeira formulação de que a molécula de metano poderia ter uma estrutura tetraédrica surge quando nem a ideia de átomo, nas formulações de Dalton, era bem consolidada pelos cientistas que se envolviam com química orgânica na época.

As primeiras formulações sobre a geometria estrutural do carbono ser tetraédrica foi proposta pelo holandês Jacobus Henricus Van' t Hoff (1852-1911), a partir da publicação de um panfleto, em 1874, trazendo suas ideias que viriam a causar muitos debates no meio científico da época. O panfleto publicado intitulava-se “Uma proposta para estender no espaço as fórmulas estruturais correntemente empregadas em química, juntamente com um comentário concernente acerca da relação entre a atividade do poder óptico e a constituição química dos compostos orgânicos” (RAMBERG; SOMSEN, 2001). De forma independente, o francês Joseph Le Bel (1847-1930) também publicou, no mesmo ano de 1874, sua ideia de proposta cujo arranjo espacial do carbono não seria planar, mas manteria os grupos ligados ao átomo central direcionados para os quatro vértices de um tetraedro (DRAYER, 2001), por meio do trabalho intitulado “Sobre as relações que existem entre as fórmulas atômicas dos corpos orgânicos e o poder rotatório de suas soluções”.

Para que esses dois cientistas pudessem chegar a esta elaboração foi necessário que a comunidade científica já tivesse estudado e se deparado com algumas problemáticas, das quais a resolução perpassaria por uma nova concepção da constituição das substâncias químicas, baseada em uma disposição dos átomos no espaço formando os compostos.

Já por volta de 1808, Wollaston especulava sobre arranjos atômicos tridimensionais, apresentando suas ideias de que as teorias atômicas deveriam ser completadas por uma concepção geométrica do arranjo das partículas elementares nas três dimensões (CAMEL, 2010). Em 1812, Davy expunha suas ideias relatando que poderia finalmente descobrir que a matéria é a mesma em essência, diferindo apenas no arranjo de suas partículas. Nessa mesma época, em 1811, Gay-Lussac divulgou que o amido, o açúcar e a goma arábica apresentavam composições idênticas, e logo em seguida, em 1814, apresentou uma sugestão em um artigo de que o arranjo das moléculas em um composto tem a maior influência nas suas propriedades. E um dos fenômenos que fez Gay-Lussac se converter ao atomismo foi a questão do isomerismo.

O termo “corpos isômeros” foi cunhado por Berzelius, em 1830, após revisar os resultados de Liebig e Wohler sobre os ácidos tartáricos e racêmicos de mesma composição, isto, sem contar no grande número de compostos diferentes e com composições idênticas que haviam sido descobertos no decorrer dos trinta primeiros anos do século XIX. Deste modo, no ano seguinte, em 1831, Berzelius afirmou que compostos com a mesma composição poderiam apresentar propriedades químicas e físicas diferentes, os quais foram chamados de isômeros (CAMEL, 2010).

Uma das grandes influências para um pensamento de uma estrutura tridimensional da composição das substâncias ocorreu durante a primeira metade do século XIX, através dos estudos sobre cristalografia (muito forte na França). Esses estudos influenciaram a química orgânica, oferecendo bases de pensamentos para determinar o arranjo dos átomos em moléculas. Em 1830, Baudrimont sugeriu que o arranjo dos átomos em uma molécula poderia ser revelado pela forma cristalina. Já Laurent, nos anos 1840, levou em consideração a sugestão feita por Baudrimont e elaborou uma associação significativa entre a cristalografia e a química orgânica, inferindo analogias detalhadas entre o campo da estrutura do cristal e a estrutura molecular (CAMEL, 2010).

Essa tendência de relacionar a cristalografia com a química orgânica permaneceu com os estudos de Louis Pasteur (1822-1895), com a relação entre a atividade óptica de líquidos e a forma cristalina dos respectivos sólidos. Esse cientista percebeu que as diferentes formas cristalinas exibidas pelos sais do ácido tartárico e paratartárico levavam a atividades ópticas distintas. Isto o fez considerar a possibilidade de uma relação entre atividade óptica e assimetria cristalina (GEISON; SECORD, 1988). Nesse sentido,

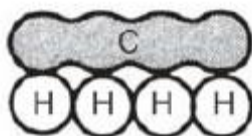
Pasteur chegou à conclusão de que a inatividade óptica do paratartarato decorria do fato de ser ele uma mistura de dois sais opticamente ativos que eram imagens especulares uma do outro, suas atividades ópticas opostas, quando combinadas, se compensavam anulando o efeito observável (CAMEL, 2010, p. 211).

Outra questão importante e que merece destaque como embasamento para se chegar à estrutura tridimensional tetraédrica dos carbonos em compostos orgânicos foi a noção de carbono tetravalente, já sugerido pelo químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), por volta do ano de 1857. Primeiramente, ele postulou uma teoria da estrutura molecular para explicar como os átomos de carbono se ligam entre si para formar longas cadeias em compostos orgânicos. Porém essa concepção de estrutura molecular ainda não tinha relação com a formulação que leva em consideração a disposição espacial dos átomos em uma molécula.

A noção de valência que se tinha na época em que Kekulé propôs a tetravalência do carbono era bem diferente da que temos hoje, associada aos elétrons, dado que não se tinha conhecimento sobre a existência destes no átomo. Estudos empíricos de reatividades com diferentes elementos químicos apontavam certo padrão fixo na quantidade de associações que os elementos faziam com outros átomos ou com radicais. A partir dessas constatações, surgiu a noção de valência associada a uma força de combinação, ou capacidade de saturação (como ficou mais conhecida) (ARAÚJO NETO, 2007). Neste sentido, a valência era uma propriedade inerente ao elemento e suas ligações eram uma manifestação dessa propriedade. A consolidação da noção de valência da época é resultado não somente da regularidade na quantidade de combinações dos elementos, mas principalmente na determinação de transpor essa regularidade para outros. Assim, tornou-se uma propriedade que podia ser generalizada para qualquer corpo elementar e um conceito de suma importância para o desenvolvimento de uma noção de estrutura dos compostos que é essencial para a química orgânica (ARAÚJO NETO, 2007).

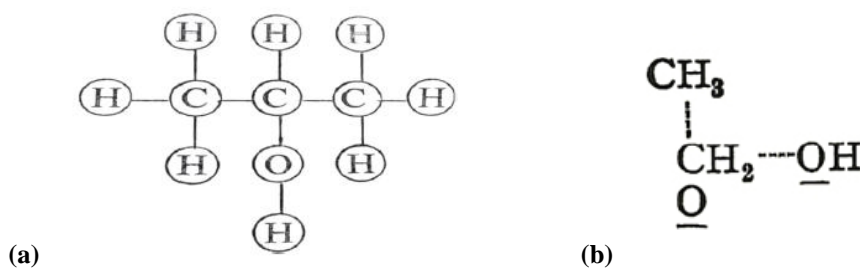
Kekulé, no entanto, contribuiu para a ideia de tetravalência do carbono. Uma ideia pioneira, cuja proposta era de que o carbono entraria em combinação com ele mesmo, possuindo capacidade de saturação mútua, e, por conseguinte, abrindo possibilidades para se entender as estruturas moleculares como cadeias (ou esqueletos, como Kekulé às vezes utilizava). Neste sentido, podemos citar o exemplo de casos nos quais apareciam dois carbonos; os esqueletos eram entendidos como arranjos cuja quantidade de ligantes do sistema era seis e não oito, pois os carbonos se combinavam entre si. Compostos como brometo de etila (C_2H_5Br) e etano (C_2H_6) possuem seis combinações à estrutura do esqueleto dos dois carbonos.

Para representar as estruturas dos compostos de carbono, Kekulé inicialmente utilizava de diagramas que ficaram conhecidos como “fórmulas salsicha”, devido a sua característica arredondada nas extremidades (Figura 2). Essas representações tinham como fundamento uma estrutura que assumia a existência de átomos, os quais se ligariam em cadeias e teriam valências fixas formando um número determinado de ligações (BELTRAN, 2013). Essa notação relacionava o tamanho da representação para o átomo com sua valência, de forma proporcional. Na figura abaixo pode se observar que o tamanho da representação do átomo de carbono sugere suas quatro valências e do hidrogênio monovalente.

Figura 2 - Fórmula salsicha (CH_4)

Fonte: Araújo Neto, 2007, p. 16.

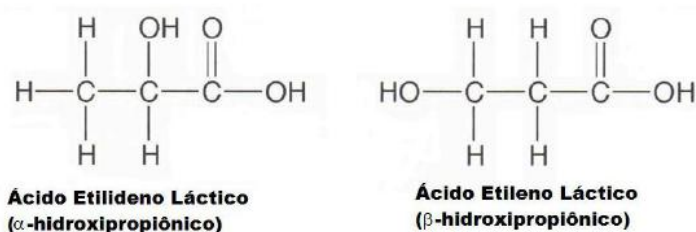
À medida que a concepção de valência vai passando de um número intrínseco ao elemento químico e começa a ser concebida como algo relacionado a ligações químicas, a representação estrutural começa a adquirir outra notação (NOGUEIRA; PORTO, 2019). Nesse contexto, por volta de 1865, foi proposta a representação de linhas que ligavam os átomos entre si formando as cadeias. Inicialmente, os átomos eram representados como círculos contendo em seu interior as letras que simbolizam o elemento químico, mas, por uma questão de simplicidade, a representação acabou se consolidando apenas com os símbolos químicos, como mostra a figura abaixo. (Figura 3)

Figura 3 - (a) estrutura de Crum Brown; (b) estrutura condensada de Couper (álcool oxálico)

Fonte: (a) Nogueira e Porto, 2018, p. 120. (b). Silva, Fonseca e Freitas, 2018, p. 634.

Essas representações foram propostas pelos químicos escoceses Archibald Scott Couper (1831-1892) e Alexander Crum Brown (1838-1922), embora seja conhecida somente pelo nome de “estruturas de Couper”. Esses dois cientistas ressaltaram que essa era apenas uma representação gráfica e não havia relação de identidade com a realidade, no entanto eram úteis para explicar os casos de isomerismo, por exemplo. Como a diferença na posição da hidroxila (OH) na representação de dois compostos orgânicos. (Figura 4)

Figura 4 - Fórmulas de Crum Brown para representar os isômeros do ácido etileno e etilideno



Fonte: Camel, 2010, p. 215.

Por volta de 1869, o químico alemão Wislicenus estava convencido da necessidade de algum tipo de causa física para explicar a diferença observada na rotação óptica de algumas substâncias. De acordo com esse cientista, moléculas com a mesma composição (possivelmente idênticas, mas possuindo divergência em suas propriedades) só poderiam ser explicadas ao supor que essa diferença estivesse no arranjo espacial dos átomos ligados em uma certa sequência fixa (CAMEL, 2010).

Entretanto, Wislicenus também afirmou que as representações bidimensionais – utilizadas por ele àquela época – não informavam sobre o arranjo dos átomos em três dimensões e, portanto, isso forçava os químicos a explicarem diferenças entre moléculas isômeras pelas posições das ligações diferentes dos seus átomos no espaço e a procurarem ideias cabíveis sobre essas posições (RAMBERG, 2003). Esse mesmo cientista afirmou que essas fórmulas seriam representações em um plano, porém as moléculas seriam os corpos. Deste modo, as representações bidimensionais nos fornecem a sequência de átomos, mas não nos fornecem o arranjo tridimensional deste nas moléculas.

Wislicenus acreditava que certas propriedades essenciais das substâncias (o efeito da luz polarizada, por exemplo) dependiam de uma formulação que requeria uma visão em três dimensões para a disposição dos átomos nas moléculas (CAMEL, 2010). Apesar de inicialmente utilizar a “fórmula salsicha” para representar a estrutura dos compostos orgânicos, Kekulé admitia a espacialidade das moléculas, afirmando que “devemos assumir que todos os átomos de uma molécula poliatômica estão arranjados no espaço de modo que todas as forças atrativas [valências] sejam satisfeitas” (RIDDELL; ROBINSON, 1974, p. 2003). Kekulé, então, também passou a admitir a estrutura tetraédrica do carbono e, como

recurso didático, passou a utilizar em suas aulas e exposições modelos do tipo bola e palito, de acordo com as ideias de Van' t Hoff e Le Bel.

A aceitação da geometria tetraédrica do carbono, portanto, não ocorreu de forma imediata entre a comunidade científica da época, em verdade, sofreu duros embates, pois se baseava na ideia da existência de átomos e moléculas, fatores que ainda não eram unanimidade entre os químicos. Neste sentido, Van' t Hoff sofreu duras críticas, como a do trecho seguinte proferido por Hermann Kolbe (1818-1884):

[...] o livro dos Srs. Van' t Hoff e Herrmann sobre *O arranjo dos Átomos no Espaço*, que apareceu recentemente [...] transborda de fantasias. Eu ignoraria esse livro, assim como muitos outros, se um respeitável químico não o tivesse tomado sob sua proteção e o recomendado calorosamente como uma excelente realização (KOLBE, 1876 *apud* RIDDELL; ROBINSON, 1974, p. 2004).

Outra crítica foi realizada por parte de Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856), argumentando que qualquer tentativa de relação, em caráter realista, entre o representante e o ente que pretendia estar representando deveria ser tomada como especulação insuportável. Para ele e seus seguidores, não havia garantias de que o uso da representação pudesse levar ao progresso no conhecimento em química (CAMEL, 2010).

Muitos dos argumentos que sustentavam as críticas feitas para as ideias de Van' t Hoff, sobre a disposição espacial dos átomos em uma molécula formando uma estrutura tetraédrica para o carbono, eram de que não havia recursos técnicos de análises físicas eficientes que possibilitassem uma comprovação fidedigna. Sendo assim, muitos químicos achavam que era perda de tempo debruçar esforços neste sentido. Porém, outros estudiosos, apoiadores da concepção da estrutura molecular, confiavam na hipótese de que o arranjo e a posição dos elementos eram tão ou mais importantes do que sua quantidade para a caracterização das propriedades de uma substância. Deste modo, percebemos que havia uma disputa entre aqueles que confiavam nas possibilidades de uma representação estrutural e os que entendiam que seria um esforço improdutivo.

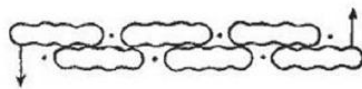
Outra problemática que surgiu à época, e que teve relevância para a compreensão das estruturas dos compostos orgânicos, foi a partir da descoberta da fórmula empírica do benzeno (C_6H_6). Como explicar e representar a estrutura de um composto que possui seis átomos de carbono associados a apenas seis átomos de hidrogênio, numa substância altamente estável e resistente quimicamente? Essa problemática intrigou os cientistas da época e foi Kekulé quem conseguiu propor um melhor argumento para solucioná-la. A sua maior dificuldade foi atrelar uma estrutura que pudesse contemplar a baixa relação

carbono:hidrogênio (1:1)²⁷, observada em dados empíricos. Essa relação sugeria que o composto deveria possuir um alto grau de insaturação (ligações duplas e triplas), mas o benzeno não sofria processos de reatividade de adição, assim como outros compostos orgânicos insaturados que eram conhecidos. A saída para essa problemática, de acordo com algumas especulações, veio através de um sonho que Kekulé teve, no qual uma cobra mordida o próprio rabo. Neste sentido, ele conseguiu propor, como saída para o dilema, uma estrutura cíclica (CAMEL, 2010).

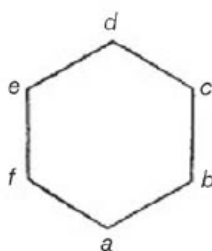
É evidente que, de acordo com o que defendemos, o fato de Kekulé propor uma estrutura cíclica para o benzeno não está diretamente ligado a algo tão subjetivo como um simples sonho, como algo sobrenatural que foi revelado exclusivamente a ele. Acreditamos que as circunstâncias na época, devido ao acúmulo histórico de conhecimentos sobre as estruturas, propiciaram para a proposição de tais ideias, e, portanto não seria necessário um sonho ou visão imaginária para “decifrar” a estrutura do benzeno. Além disso, sonhar é uma experiência altamente personalizada, logo, conceber a ideia de que a estrutura do benzeno foi revelada em um sonho retira os créditos importantes que deveriam ser dados aos diversos estudiosos que o precederam no estudo de estruturas químicas cíclicas. Com isso, também, não estamos negando os aspectos subjetivos presentes no desenvolvimento da ciência, tais como a criatividade e a imaginação. A nossa defesa é a de que a Ciência não se dá através de revelações pessoais subjetivas à indivíduos considerados gênios, mas é uma produção humana construída a partir de teorias elaboradas por pessoas que buscam a essência dos fenômenos, a partir daquilo que já foi elaborado historicamente pelos conjunto dos seres humanos.

No caso da forma de representação gráfica da estrutura cíclica do benzeno, Kekulé, inicialmente, também utilizou do modelo conhecido como “fórmula salsicha” (Figura 5). Porém, a partir das influências de representação de linhas do Couper, ele propôs formas hexagonais para representar a estrutura do benzeno – sendo a primeira representação química isenta de caracteres alfabéticos (Figura 6). Além disso, para solucionar o problema da tetravalência dos carbonos constituintes do benzeno, ele supôs a existência de valências duplas alternadas entre os carbonos da estrutura (Figura 7).

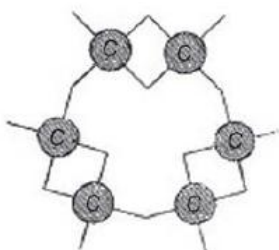
²⁷ Relação um para um.

Figura 5 - Fórmula salsicha para o Benzeno

Fonte: Araújo Neto, 2007, p. 18.

Figura 6 - Primeira representação cíclica

Fonte: Araújo Neto, 2007, p. 18.

Figura 7 - Uma aproximação à forma de linhas com as ligações duplas alternadas

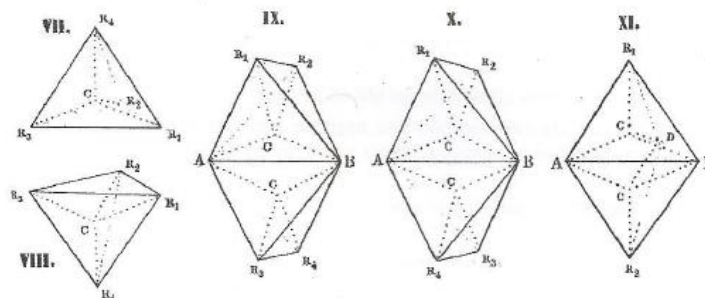
Fonte: Araújo Neto, 2007, p. 18.

A insistência de Van't Hoff, diante das críticas e o apoio de outros estudiosos, como Kekulé, possibilitou a continuidade na defesa e divulgação da ideia do carbono tetraédrico. Em publicações futuras, o mesmo autor apresentou figuras, mostrando os possíveis arranjos de átomos em compostos de carbono, bem como as possibilidades de ligações duplas, nas quais os tetraedros se uniriam por uma aresta, e triplas, com união por uma face (Figura 8).

Pode-se dizer que a insistência e a utilização de modelos físicos foi um componente crucial do movimento de Van't Hoff para a adoção da química no espaço. Nesse sentido, o cientista enviava aos químicos os seus modelos físicos ou gabaritos de dobraduras em papel para a construção dos tetraedros, tentando “convencer seu pares de uma possibilidade

epistemológica para as estruturas químicas, quando a tradição estabelecida era do uso de modelos para propósitos pedagógicos” (CAMEL, 2010, p. 229).

Figura 8 - Esquemas de Van't Hoff no Panfleto holandês de 1874



Fonte: Beltran, 2013, p. 5.

A ideia de um carbono tetraédrico não foi uma invenção de Van't Hoff e Le Bel, como algo que surgiu “do nada”. Esses cientistas se debruçaram em trabalhos anteriores, principalmente sobre os isômeros, e conseguiram elaborar individualmente uma estrutura geométrica para os compostos de carbono que estivessem coerentes com os dados empíricos. No trabalho de Van't Hoff, ele deixa explícito que a teoria estará de acordo com os fatos se nós considerarmos as afinidades do átomo de carbono dirigidas para os vértices de um tetraedro, do qual o próprio átomo de carbono ocupa o centro (CAMEL, 2010). Nesse sentido, é somente a partir de uma estrutura tetraédrica que poderíamos explicar a existência de apenas dois isômeros distintos, quando o átomo de carbono está ligado a quatro átomos ou grupos diferentes, o que ficou conhecido como carbono assimétrico. Já em uma estrutura plana, como as de Crum Brown e Couper, essa relação coerente com os dados empíricos não era possível.

É importante lembrar que outros cientistas já haviam utilizado ou especulado uma geometria tetraédrica para o carbono antes. Pasteur, por volta de 1860, já havia considerado possíveis estruturas moleculares assimétricas em três dimensões, isto, para justificar a atividade óptica dos cristais que estudava. Ele se questionava se era possível que os átomos estivessem situados em vértices de um tetraedro irregular. Já em 1862, Butlerov sugeriu que a grandeza das forças da afinidade variavam em diferentes direções definidas pelos eixos de um tetraedro. Assim, também, Kekulé, em 1867; ao utilizar o modelo de bolas-palitos em suas aulas, ele empregava um arranjo tetraédrico quando necessitava explicar melhor as ligações triplas entre carbonos – como uma melhoria às fórmulas de Couper e Crum Brown, (CAMEL, 2010).

Diferentemente daqueles que o antecederam, Van' t Hoff utilizou o arranjo tetraédrico para explicar a atividade óptica que apareceu para os químicos como uma problemática. Além disso, ele considerou que o tetraedro era uma representação literal, gráfica, do arranjo das valências em torno do átomo de carbono, elaborando desenhos e até modelos sólidos para o tetraedro ao redor das valências.

Levando em conta o que foi discutido até aqui, podemos entender que a dinâmica de elaboração da concepção da existência de uma estrutura dos compostos orgânicos, e de que essas estruturas estão organizadas a partir da geometria tetraédrica do carbono formando cadeias, não se deu a partir de um processo engessado, linear e de fácil aceitação. Pensar em uma ordenação dos átomos no espaço para compor uma estrutura molecular, em um momento histórico onde nem as concepções atômicas eram bem aceitas, não foi tarefa fácil, muito menos com poucas conturbações.

Além disso, propor uma relação de explicação entre os fenômenos observáveis, a nível macroscópico, com a ideia da disposição dos átomos em uma estrutura, em uma época em que os métodos físicos ainda não eram tão desenvolvidos, para se ter uma resposta fidedigna, contribuiu para a descrença de alguns estudiosos. Porém, fica perceptível que as novas problemáticas fenomênicas, como a descoberta dos isômeros e estereoisômeros, foram decisivas na caminhada de novas elaborações que envolvem as estruturas dos compostos. Nesse sentido, salientamos que Van' t Hoff expandiu o poder explicativo da química estrutural e ofereceu um método para a visualização direta das propriedades tridimensionais de todas as moléculas contendo carbono. Contudo, destacamos a importância do papel da representação destas estruturas como signos carregados de significados, as quais puderam estabelecer uma interposição entre os aspectos macroscópicos e os submicroscópicos dos fenômenos químicos, auxiliando na argumentação, na difusão e (mais importante ainda) na revolução do pensamento químico da época.

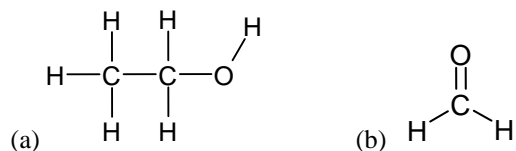
4.2 AS DIFERENTES REPRESENTAÇÕES ESTRUTURAIS

Neste item discutiremos, especificamente, as formas de representação das estruturas dos compostos orgânicos, a simbologia gráfica utilizada pelos cientistas para expressar suas ideias e explicações dos fenômenos que apareciam como problemática nos seus estudos.

Três informações são essenciais para associar a constituição de um ente químico, sendo elas: a) o tipo de átomos presentes; b) o número de átomos presentes; c) o tipo de

ligação feita entre os átomos. Veja na Figura 9 um exemplo de representação que satisfaz as informações necessárias descritas.

Figura 9 - Representação estrutural para o etanol (a) e o formol (b)

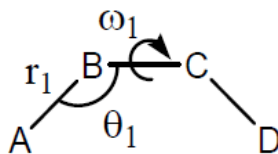


Fonte: Elaborada pelo autor.

Os signos gráficos que foram utilizados para representar a estrutura da figura acima utilizam de letras que correspondem aos átomos dos elementos químicos que participam do composto e de traços que correspondem às ligações químicas realizadas entre estes átomos, fatores já discutidos no item acima. O significado que a representação estrutural do composto carrega precisa estar coerente com os aspectos físicos e químicos que são perceptíveis nos fenômenos. No entanto, as representações bidimensionais podem estabelecer um limite de compreensão da realidade, o que levou à elaboração de teorias que consideram uma organização tridimensional dos entes que compõem uma molécula. Isso nos leva a pensar em uma adequação de ordem geométrica entre a representação e a estrutura que está sendo representada. Isso não quer dizer que as representações planares, como na Figura 9 acima, sejam inutilizadas. Mas, de acordo com Araújo Neto (2009), as representações são produtos que dependem de suas formas de uso, são processos intencionais negociados pela comunidade científica que proporciona garantias e legitima seu processo.

Já no caso da representação de uma estrutura, de acordo com Eliel, Wilen e Doyle (2001), é essencial que seja levado em consideração: a) a natureza dos núcleos dos átomos que participam dela; b) a distância (r) entre o centro desses núcleos; c) o ângulo (θ) entre as ligações e d) o ângulo de torção (ω) considerando que não haja alinhamento entre as ligações (Figura 10). Na figura 10 A, B, C e D representam átomos ligados hipoteticamente.

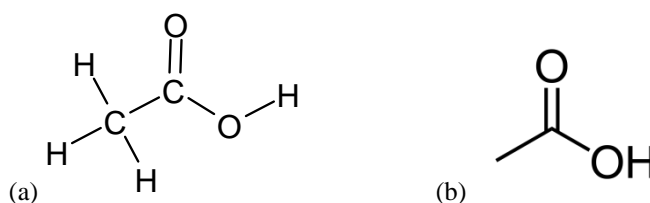
Figura 10 – Considerações para a representação estrutural



Fonte: Araújo Neto, 2009, p. 14.

Uma técnica bastante utilizada atualmente e que recebe muita atenção, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior, é a notação em bastão, comumente chamada também de fórmula estrutural de traços. Nesse tipo de representação há prioridade para expor as ligações entre os átomos de carbono, o que é feito através de traços contínuos, considerando-se também os ângulos previstos e os tipos de ligações que ocorrem no objeto da representação (se é ligação simples, dupla ou tripla). Os átomos de hidrogênio, ligados aos átomos de carbono e suas ligações, podem ficar implícitos, ou não, e são deduzidos pelo número de ligações que faltam em relação à tetravalência do carbono. Já no caso nas ligações com átomos que são diferentes de hidrogênio, não podem ficar implícitas e devem ser representadas por traços contínuos conectados ao símbolo do elemento químico correspondente, não esquecendo também do tipo da ligação entre o carbono e este outro elemento que não o hidrogênio (Figura 11).

Figura 11 – (a) Representações estruturais para o ácido etanoico (ácido acético) com os elementos explícitos e (b) implícitos



Fonte: Elaborada pelo autor.

Devemos ressaltar que toda forma de representação gráfica em papel é uma aproximação, uma forma incompleta *a priori* para acessar o corpo químico. Isso porque é uma representação estática bidimensional para um objeto que se pretende tridimensional e dinâmico (ARAÚJO NETO, 2009). Ainda assim, se utilizássemos um modelo do tipo bola-vareta para representar uma estrutura molecular, apesar de conter em si a tridimensionalidade, também continuaria sendo uma forma incompleta, pois nenhuma representação tem em si a capacidade de dar conta do ente representado em sua completude. Ainda mais no caso de entes químicos submicroscópicos.

Até aqui o leitor já deve ter percebido a importância da descoberta dos isômeros para a elaboração de uma noção estrutural para os compostos orgânicos. Isso se deu pelo fato de que foi necessário ir além da constituição das substâncias, pois elas, por si só, passaram a não explicar as problemáticas que envolviam propriedades químicas e/ou físicas diferentes para compostos que possuíam a mesma constituição química. E foi a partir dessa problemática que

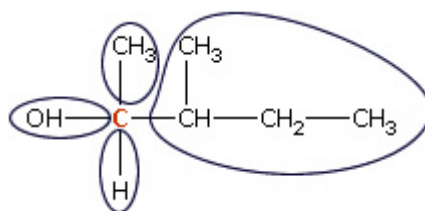
se elaborou o conhecimento de que entes químicos com constituição idêntica podem diferir em sua estrutura, o que, então, lhes colocam como uma nova atribuição enquanto ente. Esteban (2008) nos relata que o início da química estrutural ocorreu com a descoberta da isomeria, o que abriu caminhos para o estabelecimento das fórmulas estruturais e contribuiu para explicar a abundância dos compostos orgânicos, tornando a compreensão da Química Orgânica mais clara.

Os isômeros trazem para o centro da nossa discussão a questão da identidade do ente químico, e revelam um esforço na direção de esclarecer como se pode distinguir, por exemplo, uma molécula da outra.

Considera-se que o estudo da estereoquímica tem sua origem no trabalho de investigação do químico Jean Baptiste Biot (1774-1862), acerca de substâncias que provocavam um ângulo de rotação no plano de polarização. Ao investigar a natureza da luz plano-polarizada, Biot constatou que algumas moléculas giravam a luz polarizada para a esquerda, no sentido anti-horário (levógiras), enquanto outras moléculas giravam a luz polarizada para a direita, no sentido horário (dextrógiras). De acordo com os estudos de Biot, nem todas as substâncias apresentavam esse tipo de comportamento, mas aquelas que apresentavam foram denominadas como opticamente ativas (MCMURRY, 2005).

Biot não avançou muito em seus estudos para além dessas constatações. Mas, como já citado no item anterior, foi Pasteur quem tentou relacionar o desvio do plano da luz polarizada com o arranjo espacial das moléculas de carbono, sugerindo que os ligantes ao redor do átomo de carbono deveriam ter, provavelmente, um arranjo tetraédrico e assimétrico; “os experimentos com os tartaratos claramente sugeriam uma estreita correlação entre configuração molecular, atividade óptica e estrutura cristalina” (BAGATIN et al., 2005, p. 36). Neste sentido, há evidências que consideram que “essas observações estabeleceram as bases para o surgimento da moderna estereoquímica” (COELHO, F., 2001, p. 24), e, mesmo assim, a comunidade científica da época tinha fortes resistências com as ideias de Pasteur. Essa resistência foi tanta que, apesar de ter realizado importantes descobertas, como os enantiômeros e um método para separá-los, seus estudos foram esquecidos. Após 25 anos, suas ideias acerca do carbono assimétrico foram confirmadas por Van’ t Hoff e Le Bel. Em uma publicação de setembro de 1874, Van’ t Hoff provou que o arranjo espacial de quatro grupos em torno de um átomo de carbono central era tetraédrico e propôs o termo *quiral* ao carbono assimétrico ligado a quatro diferentes grupos (RAUPP; PINO, 2015) (Figura 12).

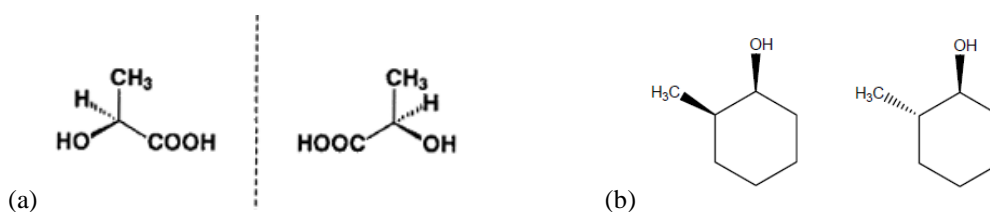
Figura 12 - Carbono como centro estereogênico – ligado à quatro grupos diferentes



Fonte: InfoEscola, [20--]

Conceitos importantes que surgiram a partir dos compostos isoméricos, e que fazem parte do objeto do nosso estudo sobre representação, são os de *configuração* e *conformação*. De acordo com a IUPAC, configuração “é o termo restrito ao arranjo dos átomos de uma entidade molecular no espaço que distingue estereoisômeros” (MOSS, 1996, p. 2204). Os estereoisômeros “são compostos que possuem a mesma constituição e que diferem no arranjo dos seus átomos no espaço” (SOLOMONS; FRYHLE, 2005, p. 692). Além disso, sabemos que os estereoisômeros podem se dividir em enantiômeros (estereoisômeros que são imagens especulares entre si), e diastereoisômeros (estereoisômeros que não são imagens especulares entre si) (Figura 13).

Figura 13 - (a) um par de enantiômeros; (b) um par de diastereoisômeros



Fonte: Elaborada pelo autor

Uma vez já consolidada a ideia de um carbono tetraédrico, restava desenvolver formas de representar essa tridimensionalidade no plano do papel. Nesse sentido, nas representações acima percebemos que *cunha* indica espacialidade, dando perspectiva de três dimensões para a representação estrutural. A cunha cheia (↗) representa uma ligação para frente do plano do papel, já a cunha tracejada (↘) representa uma ligação para trás do plano do papel.

No caso da Figura 13(b), podemos ter quatro entes químicos diferentes porque são quatro as possibilidades de relação de posição entre a hidroxila (OH) e a metila (CH₃) nos carbonos vizinhos do ciclohexano. Deste modo, podemos inferir que o ente é ontologicamente

determinado por uma relação espacial entre os ligantes. Os enantiômeros, por sua vez, restringem os possíveis termos de identificação de um ente químico a um único: a espacialidade (ARAÚJO NETO, 2009). Ainda vale lembrar que os enantiômeros só ocorrem em moléculas que possuam pelo menos um centro estereogênico.

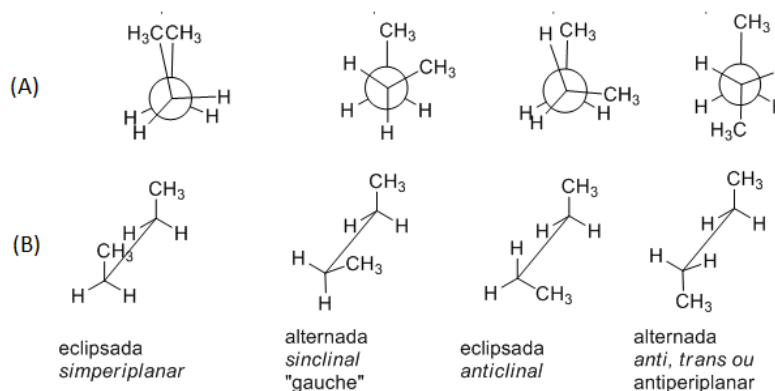
No final do século XIX e início do século XX, alguns conceitos químicos, por influência de teorias relativísticas da física, passam a ter compreensões não tão engessadas em si, mas de uma forma relacional. Nesse sentido, o conceito de substância, por exemplo, deixa de ser atrelado a um único ente químico estático, e sim para uma compreensão de um ente químico dinâmico. Segundo Silva e Amaral (2013), essa ideia de substância se dá a partir da concepção de que na natureza não se encontram substâncias isoladas e que não interajam com o seu meio. Desse modo, a interação dos materiais com o ambiente faz com que a matéria nunca seja a mesma, mas se apresente em constante transformação, alcançando certos momentos de maior ou menor estabilidade. Essas transições se dão através de trocas energéticas entre a matéria e o meio, fazendo com que as moléculas das substâncias constantemente mudem sua forma e a substância em si apresente algumas propriedades que dependam dessas interações com o ambiente.

A relação estreita entre matéria e energia começa a se consolidar entre os químicos a partir do início do século XX, e a substância química passa a ser vista como algo que está sempre variando, sem apresentar uma entidade molecular estável e fixa. Um exemplo que podemos citar sobre isso são as conformações de algumas moléculas orgânicas. De acordo com a IUPAC, conformação é “o arranjo espacial de átomo que proporciona distinção entre estereoisômeros que podem converter-se por rotações de ligações simples” (MOSS, 1996, p. 2204). Isto é, moléculas orgânicas com grupos ligados apenas por ligações simples (sigma σ) podem sofrer rotações em torno do eixo da ligação, dando origem aos vários confôrmeros (SOLOMONS; FRYHLE, 2005). Cada confôrmero representa a mesma molécula, porém, com uma estrutura diferente. As conformações, além de diferirem em suas estruturas, provocam mudanças energéticas.

A necessidade de se representar os confôrmeros (conformações de mais baixa energia potencial) e os rotâmeros (conformações de mais alta energia potencial) colocou a comunidade científica na empreitada de elaborar múltiplas formas gráficas de representações para chegar ao alcance destes entes. Essas diferentes formas de se aproximar do ente químico, a partir das representações, ficaram conhecidas como *projeções*. De acordo com a IUPAC, uma projeção “é uma representação bidimensional de uma estrutura tridimensional, obtida por

projeção de ligações (simbolizada por linhas) em um plano com ou sem designação das posições dos átomos relevantes e de seus símbolos” (MOSS, 1996, p. 2214). Podemos citar alguns tipos de projeções, como a de Newman e a do tipo cavalete, que possuem o mesmo objetivo (Figura 14).

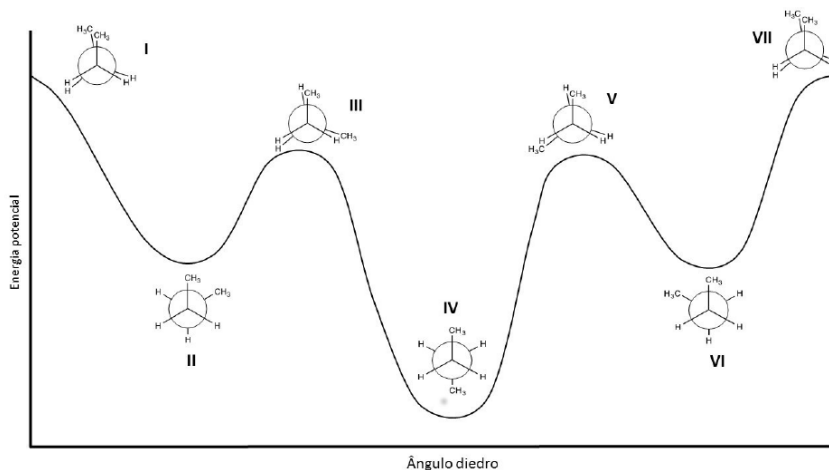
Figura 14 - (A) projeções de Newman; (B) projeções do tipo cavalete; para a representação estrutural da molécula de butano



Fonte: Adaptada de Aguillon, 2015

Fazendo a análise conformacional do butano, por exemplo, observam-se sete conformações (Figura 15). O gráfico abaixo mostra a relação entre a energia potencial da molécula e o ângulo diedro das diferentes conformações. De acordo com a Figura 15, a conformação mais estável, ou seja, encontrada com maior frequência na substância butano, é a de número IV (estrelada-anti), devido a sua baixa energia.

Figura 15 - Análise conformacional do butano. I - eclipsada; II - estrelada-gauche; III -eclipsada; IV - estrelada-anti; V- eclipsada; VI - estrelada-gauche; VII - eclipsada



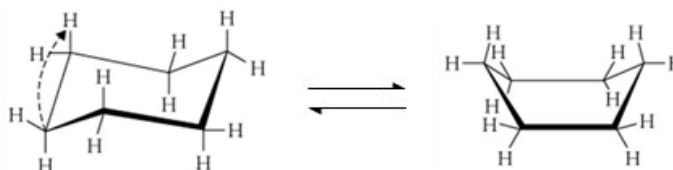
Fonte: Adaptado de Silva, J., 2017.

Na Figura 15 acima, é possível observar diferenças de energia potencial entre uma conformação e outra. Essa energia é considerada uma barreira de rotação, pois é a energia necessária para a molécula passar de uma conformação à outra. Assim, considerando um sistema com a substância butano, pode-se dizer que, durante a maior parte do tempo, as moléculas se apresentarão na conformação IV (estrelada-anti), sendo esta a de mais baixa energia (mais estável). Porém, todas as moléculas estarão se alternando entre todas as conformações.

Com isso, pode-se afirmar que a disposição e conformação das moléculas de uma substância estão se alternando devido aos fatores energéticos. Isso terá uma influência direta na representação das substâncias. Ao se pensar na substância água, por exemplo, dentro da visão clássica, representa-se por várias moléculas “H₂O”, em sua forma angular (geométrica), estática e sem interagir com o meio. Na visão relacional, acerca das substâncias químicas, vê-se a substância água formada por moléculas que estão se auto ionizando constantemente e com seus movimentos rotacionais e vibracionais.

Historicamente, a primeira sugestão de análise conformacional e do entendimento do caráter dinâmico do ente químico é associada ao estudo de Hermann Gottfried Sachse (1862-1942) sobre o ciclohexano, em 1890 (RAMBERG, 2003). Ele publicou instruções para dobrar uma folha de papel para representar duas formas de ciclohexano, as quais ele chamou de simétrica e não simétrica (o que agora chamaríamos de cadeira e bote) (Figura 16). Claramente, entender que essas formas têm duas posições para hidrogênios (para usar a terminologia atual, axial e equatorial), que duas formas “cadeiras” provavelmente se interconvertiam entre si, e até mesmo como certos substituintes favoreciam formas “cadeira”. Como ele expressou tudo em linguagem matemática, poucos químicos da época entenderam seus argumentos. Ele fez tentativas de publicar suas ideias, mas não foram bem aceitas na comunidade científica da época, até pelo fato da relação entre a estrutura da matéria e energia não estarem bem consolidadas ainda no final do século XIX. Desse modo, sua ideia só foi confirmada 28 anos mais tarde, com técnicas de cristalografia de raios X.

Figura 16 - conversão entre as conformações cadeira e bote para o ciclohexano



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com essa discussão, podemos perceber que a essencialidade da representação se encontra na sua função como signo elaborado historicamente pelos seres humanos, tendo a sua legitimação a partir da discussão, da aceitação e do uso dentro da comunidade científica. Não necessariamente a representação precisa ter identidade aparente com o que está sendo representado de forma real, no nosso caso mais delicado de entes submicroscópicos que não temos acesso direto. Escrever um traço no papel, unindo letras, nada tem a ver com uma ligação covalente real, é apenas uma representação desta. Mas, é importante frisar que nem por isso há aleatoriedade nas representações, em verdade, contém uma lógica dotada de leis, teorias e embasamento empírico daquilo que se deseja representar. Ou seja, não podemos deixar a impressão de que a representação estrutural é um processo que segue ao sabor e ao dissabor, algo desregrado e privado. Todavia, não podemos também encará-la como uma direção natural inequívoca e unívoca, consequência causal do mundo das coisas.

Fica claro, também, que a elaboração de diferentes formas simbólicas para se representar uma estrutura perpassa primeiro pela necessidade de solucionar uma problemática que aparece aos cientistas através de experimentos observados a nível macroscópico. O que nos leva a defender a ideia de que a representação existe como um signo que se interpõe entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos do conhecimento químico.

Visto essas considerações sobre o processo histórico na elaboração e constituição das representações estruturais dos compostos orgânicos, conduziremos nossos esforços e reflexões no próximo subitem tendo como base a seguinte questão: qual o papel que as representações estruturais dos compostos orgânicos desempenham no ensino de química?

4.3 A REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL E O ENSINO DE QUÍMICA

No campo da educação em química muito se fala em símbolos, linguagem e representações químicas como aspectos importantes para a compreensão dessa ciência e, conseqüente, como aspectos importantes a serem ensinados para os alunos. Vimos, anteriormente, em termos históricos, que as elaborações relacionadas às representações de entes químicos do nível submicroscópico foram cruciais para o desenvolvimento do conhecimento que se tinha até aquele momento. Nessa direção, há muitos trabalhos (GOIS; GIORDAN, 2007; GRESCZYSCZYN, 2017; GRESCZYSCZYN et al., 2017; LIRA; RECENA, 2019; SOUZA; PORTO, 2013; WARTHA; REZENDE, 2011; entre outros) na área que tratam do ensino e aprendizagem de química, centrando suas discussões a partir de

análises da semiótica²⁸. O campo de estudo e de aplicações da semiótica no âmbito do ensino de Química pode ser percebido, ou no fato da importância dos signos na compreensão dos entes químicos, ou pelo fato de que os conceitos químicos não se encontram independente das representações (WARTHA; REZENDE, 2011).

A semiótica é uma base fundamental para a compreensão dos fenômenos pedagógicos que circundam o ensino de química, mas é necessário que ela esteja coerente e sustentada com os princípios ontológicos do pesquisador. O que percebemos é que muitos dos trabalhos são relevantes, mas carecem de articulações que levem em consideração as multideterminações do indivíduo que aprende em seus aspectos sociais. Essas determinações não podem ficar em segundo plano, elas precisam ser apresentadas como constituintes das ideias semióticas, pois não há um sujeito abstrato que aprende Química. O que temos são alunos reais e concretos, frutos de variadas determinações. De acordo com Giordan (2006), algumas abordagens semióticas não levam em consideração fatores sociais e culturais, como o valor atribuído pela coletividade às relações de nexos entre o significado e o objeto ou ainda, o propósito destas relações para fins de organizar ações no coletivo, dentre outros²⁹.

Outro ponto que merece ser elucidado é que em alguns desses trabalhos há um tratado semiótico, mas sem as discussões ontológicas e epistemológicas da estrutura que se sustentam. Por exemplo, quando se toma como premissa o triângulo elaborado pelo professor Alex H. Johnstone, com o intuito de discutir os aspectos semióticos em situações de sala de aula no ensino de conteúdos químicos, mas sem antes analisar a relevância e consistência, ou de modo contrário a sua possível superação. Essa discussão parece oportuna, principalmente, quando começamos a perceber que um modelo apresentado há quase 30 anos por Johnstone, destacando diferentes níveis de pensamento e de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química, em seu artigo *Macro and micro-chemistry* (JOHNSTONE, 1982), ainda é muito utilizado e propagado pelos pesquisadores em educação Química.

Parece-nos, portanto, que o modelo de Johnstone tornou-se uma forma definitiva de encarar a atividade de representação no ensino de Química e, nesse sentido, gostaríamos de apresentar algumas considerações. Em um estudo sobre os três níveis de representação em Química, Talanquer (2011) fez uma análise acerca das suposições subjacentes às ideias de

²⁸ De modo resumido, a semiótica é um campo das ciências da linguagem de modo geral. Estuda não só a língua, mas todas as formas de expressão ou falta dela, daquilo dito e daquilo não dito, da linguagem verbal e da não verbal. Assim como também inclui os símbolos, representações e signos. Para entender mais sobre essa questão, consultar: SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1983.

²⁹ A semiótica é um campo vasto e que merece investigação pela sua relevância, mas não cabe ao objetivo desta pesquisa aprofundar no que confere a essa discussão.

Johnstone (1982), mostrando que elas foram tema de vários trabalhos de pesquisa no ensino de Química, além de servirem como fundamento em reformulações curriculares.

Johnstone (1982) foi um dos primeiros pesquisadores a propor um modelo para explicar a relação entre os níveis de representação. Ele propôs que a Química deve ser compreendida em três níveis do conhecimento: o macroscópico, o submicroscópico e o representacional (JOHNSTONE, 1993). Deste modo, o mesmo autor defende que o ensino de química precisa ser preferencialmente pautado na promoção do pensamento dos estudantes, para que estes possam ter a capacidade de transitar entre os três níveis do conhecimento de forma equitativa.

De acordo com Johnstone, o nível macroscópico está relacionado com o “tangível, comestível, visível” (JOHNSTONE, 1993, p. 703, tradução nossa). Neste mesmo sentido, outros autores tomam este nível como podendo ser aquele fenômeno adquirido pelos sentidos ou suas extensões (GILBERT; TREAGUST, 2009; RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009). É o fenomenológico, consistindo das propriedades empíricas e perceptíveis com relação aos sólidos, líquidos e gases, podendo ser medidas (GILBERT; TREAGUST, 2009). De acordo com Treagust, Chittleborough e Mamiala (2003), o nível macro refere-se aos fenômenos observáveis do dia a dia, como a mudança na coloração e o aparecimento ou o desaparecimento de substâncias, por exemplo.

O nível submicroscópico, para Johnstone (1993), está relacionado com o “molecular, atômico” (Johnstone, 1993, p. 703, tradução nossa). Este nível é utilizado para explicar qualitativamente o fenômeno, envolvendo partículas, átomos, moléculas, íons etc. (GILBERT; TREAGUST, 2009).

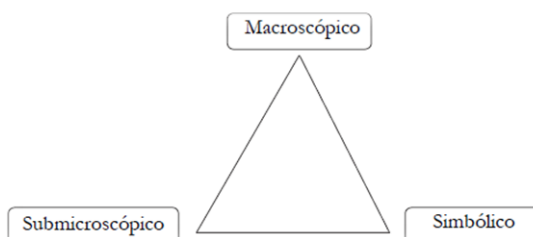
Já o nível representacional está relacionado com as fórmulas químicas, os “símbolos, equações, estequiometria e matemática” (Johnstone, 1993, p. 703, tradução nossa). Com relação à representação simbólica, Al-Balushi (2013) traz uma explicação quantitativa do fenômeno, com símbolos que representam as reações entre os átomos, íons ou moléculas ou ainda, equações químicas balanceadas que representam as reações químicas ocorridas (GILBERT; TREAGUST, 2009).

No contexto brasileiro, os níveis de representação de Johnstone assumiram novas perspectivas e nomenclaturas. Assim, ao referir-se ao nível macro, é possível encontrá-lo nomeado como macroscópico, empírico ou fenomenológico; o submicro também é chamado de submicroscópico, microscópico, teórico ou nível de modelos; já o representacional também

pode ser encontrado como nível de linguagem ou simbólico (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Essa ideia de níveis do conhecimento químico ficou conhecida como *triplete do conhecimento químico* (TALANQUER, 2011) ou triângulo de Johnstone.

Figura 17 - Os três componentes básicos da “nova Química”



Fonte: Adaptado de Johnstone (1993).

A relativa boa aceitação das ideias de Johnstone no campo da Educação Química fez com que os pesquisadores e professores demandassem esforços do seu trabalho na forma de colocar os níveis do conhecimento químico em prática na realidade de sala de aula. Deste modo, muitas das vezes, a discussão epistemológica mais aprofundada sobre o próprio triângulo de Johnstone foi deixada em segundo plano. O próprio Johnstone (2004), passando a sua discussão para a forma, recomendou que os professores de química criassem situações reais que pudessem mostrar o universo macroscópico ao aluno, acompanhado da simbologia química pertinente e, ao mesmo tempo, se utilizassem de diferentes tipos de figuras, tais como animações de computador e simulações, com o objetivo de criar habilidades para a compreensão do nível molecular.

Nesse sentido, podemos citar alguns trabalhos que corroboram com as ideias de Johnstone, como o de Gabel (1993), o qual destacou que o ensino de química deve ser pautado nos níveis submicroscópico (átomos/moléculas/íons), macroscópico (observáveis e tangíveis) e simbólico (fórmulas, estruturas, equações), e não apenas no nível simbólico, como estava acontecendo. As pesquisas coordenadas por Treagust, por sua vez, têm publicado trabalhos referentes à habilidade de modelização e sua relação com o nível de representação submicroscópico proposto por Johnstone (CHANDRASEGARAN; TREAGUST; MOCERINO, 2007; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2007; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003). Ainda assim, Melo (2015) afirma que a transição entre os níveis macroscópicos, submicro e representacional pode ser facilitada pelo uso de

sistemas conceituais hierarquicamente organizados. Além disso, a transição entre os níveis submicroscópico e representacional pode ser facilitada pela utilização de modelos e modelagens.

O que percebemos em trabalhos como os exemplificados acima é que, dada a aceitação do triângulo de Johnstone, há uma preocupação na forma de colocá-lo em prática em situações de ensino e aprendizagem da Química em sala de aula. Mas o que não observamos são discussões epistemológicas aprofundadas que poderiam sustentar a utilização das ideias de Johnstone. Ao mesmo tempo em que devemos nos preocupar com a forma, não podemos nos esquecer da natureza de cada aspecto do conhecimento químico proposto pelo autor e, não obstante, nos certificar de sua validade.

No sentido de promover algumas discussões epistemológicas sobre os níveis do conhecimento químico, foram elaborados trabalhos que procuram modificar o modelo proposto por Johnstone, como é o caso de Rappoport e Ashkenazi (2008), os quais alteraram os níveis de representação de Johnstone para níveis de abstração; e o caso de Talanquer (2011), o qual propõe uma divisão entre o nível experimental (macroscópico/experiências) e o representacional (submicroscópico e simbólico/modelo e visualização).

Todavia, a partir de 2009, começaram a surgir alguns estudos epistemológicos mais profundos na literatura questionando o modelo de Johnstone, como é o caso do trabalho de Labarca (2010), o qual afirma haver equívocos filosóficos associados à confusão entre os planos de argumentação, ou os três níveis de representação, como proposto por Johnstone (1982, 1993, 2000). O trabalho de Araújo Neto (2009) ressalta a importância da representação para o conhecimento químico, mas adverte no equívoco de se incluir as representações no mesmo horizonte ontológico dos níveis submicroscópicos e macroscópicos.

Um dos equívocos que é apontado pelos autores, os quais buscaram realizar um estudo epistemológico sobre o triângulo de Johnstone, está no fato da confusão do plano ontológico com os planos linguístico/conceitual/representacional e matemático. De acordo com Labarca (2010), planos diferentes não poderiam estar representados como vértices em um mesmo triângulo, ou seja, como planos equivalentes. Podemos tomar o nível macroscópico e o nível submicroscópico como sendo níveis diferentes para um mesmo plano ontológico, pois fazem parte de uma mesma materialidade, de uma mesma razão de ser. Mas não podemos tomar as representações de entes químicos como parte deste mesmo plano, pois estas não estão no mundo da materialidade, apesar de se relacionarem a ela. Estas fazem parte do plano da linguagem, de abstrações humanas, de pensamentos conceituais, dos signos.

É praticamente consenso na comunidade científica de que os objetos, fenômenos e entes no nível macroscópico possuem sua existência material, mas isso não ocorre muitas das vezes com o nível submicroscópico. Essa diferença se dá pelo fato de que não acessamos de forma direta os entes no nível submicroscópico através de sensibilidade física, seja humana ou de equipamentos. Porém, podemos acessá-los de forma indireta, a partir de tecnologias e de conhecimentos elaborados. Deste modo, há concepções mais idealistas que consideram entes químicos (átomos, moléculas e íons) como uma invenção puramente humana para explicar a realidade, sem uma relação próxima com a materialidade e existência factual desses entes.

A nossa concepção, baseada no referencial do materialismo histórico-dialético, defende, por meio do conhecimento histórico acumulado, que entes químicos submicroscópicos existem sim na sua materialidade e independente dos seres humanos. O fato de homens e mulheres em tempos mais anteriores não terem tecnologia e elaboração de conhecimento suficiente para acessar o nível submicro, e inferir sobre sua existência, não quer dizer que eles não existiam. Assim como, não queremos dizer que as representações que fazemos atualmente desses entes dão conta da completude de determinações do objeto submicroscópico representado. Wartha e Rezende (2015) argumentam que esse cuidado filosófico do professor poderá contribuir para a superação de algumas dificuldades metodológicas e epistemológicas relacionadas aos entes químicos (itens ontológicos), não apenas no que se refere à sua existência, mas, também, às suas consequências de asserção. Ou seja, de que a realidade molecular é a causa dos fenômenos, e não explicação deles.

Falar de algo macro, na sua concreticidade e materialidade, pressupõe a existência do seu oposto, o mundo micro. Se para os materialistas é consenso que o macro existe na sua materialidade, por que a dificuldade de conceber a existência do micro também na sua materialidade? Por que tratam os entes submicroscópicos como puramente abstratos, como se sua existência fosse unicamente atribuída ao pensamento? A nossa defesa é a de que o conjunto da materialidade submicro gera a materialidade macro. No entanto, isso não quer dizer que acreditamos que os modelos e representações dão conta da totalidade do nível submicro. Se não somos capazes de compreendê-los de forma direta e nem pelos sentidos, precisamos utilizar de mediações, das quais consistem as representações e modelos na sua dinamicidade. O fato, portanto, de apreender os entes submicro de forma mediada, a partir dos signos, a partir de elaborações conceituais, a partir de representações da realidade do que possam ser esses entes, não quer dizer que não possuam sua base de existência material e concreta.

Não podemos perder de vista que o representado é, normalmente, maior em funções e em atividades que seu representante. A representação simbólica não tem como e nunca terá como carregar todas as determinações, todas as características do ente representado, principalmente nas estruturas químicas porque é algo ainda inacessível diretamente pelos seres humanos. Além disso, a realidade é dinâmica. O representante deve conter de forma clara e objetiva os traços essenciais da realidade que representa. Deste modo, a representação está longe de esgotar o seu objeto. Todavia, nossa defesa sobre a natureza do processo representativo considera que essa incompletude não é prejuízo para a representação, mas o seu atributo mais vigoroso nas atividades da educação em química.

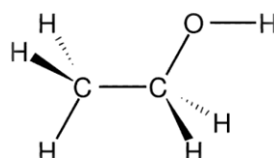
Vamos tomar um exemplo para tentar deixar mais claro o nosso argumento. Analisando características do etanol em nível macroscópico, podemos citar: a) é uma substância que se apresenta no estado líquido à temperatura ambiente de 25°C; b) é uma substância relativamente volátil, pois tem facilidade para evaporar; c) possui uma boa capacidade de se misturar tanto com substância hidrofílicas quanto lipofílicas. Para determinar essas características sobre o etanol não foi necessário saber sua composição química, sua fórmula química e nem a estrutura da molécula. Mas, para que se possa explicar, quimicamente, nos modos científicos vigentes, cada uma dessas características, faz-se necessário acessar o nível submicroscópico.

Como ainda não há meios para o acesso direto do nível submicroscópico, os cientistas fizeram uso de conhecimentos e técnicas que lhes possibilitaram inferir sobre a existência desses entes. Deste modo, foram geradas representações dos entes químicos. E é a partir destas representações que podemos acessar o nível submicroscópico e justificar as propriedades e os fenômenos que observamos em nível macroscópico. Com isso, defendemos neste trabalho o caráter mediador das representações entre as esferas do mundo macroscópico com o mundo submicroscópico.

As técnicas de representação usadas atualmente nas diversas áreas da química, herdaram seus traços iniciais do segmento da química orgânica, a qual se destaca como pioneira no uso de signos gráficos para representações estruturais. Daí a sua importância. Os signos gráficos da representação estrutural utilizam letras e traços que correspondem, respectivamente, aos átomos dos elementos e às ligações presentes no ente químico a ser representado. O conhecimento, proporcionado pelo estudo da representação estrutural, é considerado verdadeiro quando confrontado com o que se conhece dessas substâncias por meio de suas manifestações empíricas. Todavia, o desenho de uma estrutura é uma

aproximação incompleta, seja em representações bidimensionais, em papel, ou tridimensionais, em softwares modernos. Essa é uma característica ontológica que distingue o ente químico de sua representação, e coloca a comunidade de químicos e seus aprendizes diante da necessidade de uma consciência cuidadosa entre a representação e a coisa a ser representada (ARAÚJO NETO, 2012).

Figura 18 - Fórmula estrutural para o etanol



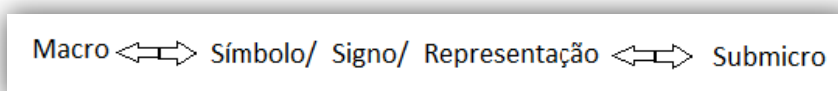
Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 18 exemplifica uma das formas de representação da estrutura molecular do etanol. Essa representação não esgota as determinações que a estrutura molecular do etanol possui, mas é a forma que os químicos acharam para acessar o nível submicroscópico e explicar os fenômenos observados macroscopicamente. A partir da sua compreensão e de seus determinantes, podemos explicar aquelas características que foram citadas anteriormente do porque o etanol ser líquido em temperatura ambiente, ser relativamente volátil, possuir capacidade de se misturar com substâncias hidrofílicas e lipofílicas etc.

Concebemos a esfera macroscópica e a esfera submicroscópica do conhecimento químico como uma unidade de contrários, de acordo com o materialismo dialético, pois se configuram em níveis opostos na realidade, mas que mantém uma relação de dependência recíproca entre eles. Percebe-se que falar da existência de algo macro implica na existência de algo micro/submicro e vice-versa. Um não existe, conceitualmente, sem o outro e apresentam propriedades diferentes. Desta forma, a simbologia manifestada na representação de estruturas moleculares, por exemplo, se configura como mediadora destas duas esferas, pois permite aos que participam da relação, a partir de suas propriedades essenciais, exercerem entre si uma influência recíproca. Desse modo, não faz sentido, então, dizer que a aprendizagem da Química está condicionada ao trânsito entre os “três níveis” do conhecimento, mas sim de dois níveis. Contudo, se ficarmos apenas no nível macro, no fenômeno aparente, não há aprendizagem científica/química, e, para conhecer a esfera submicroscópica, faz-se necessária a mediação simbólica.

A nossa concepção é completamente diferente da proposta por Johnstone (1982, 1993), o qual considera símbolo/representação como dimensão/nível do conhecimento químico. Nossa defesa é a de que, apesar da representação se relacionar com as outras dimensões/níveis, ele está à parte deles, em outro plano. Argumentamos em defesa de que o símbolo/representação/signo é o mediador e se interpõe às esferas macro e submicroscópicas (Figura 19).

Figura 19 - Relação entre as esferas macro e submicroscópicas do conhecimento químico



Fonte: Elaborada pelo autor.

A importância da compreensão sobre o papel das representações para a Química fica evidente quando destacamos que, além de promover a mediação entre a realidade objetiva fenomênica e o intelecto do sujeito, passando pela abstração, esta também assume o papel de mediar as esferas da materialidade macroscópicas com as submicroscópicas. Deste modo, reforçamos que não há como entender a matéria, nos moldes atuais, sem a relação dos aspectos macro e submicro, na química. Aspectos que são mediados pelas representações.

Apesar das propriedades dos compostos orgânicos, em escala macroscópica, já serem observados há muito tempo, antes mesmo da concepção de partículas submicroscópicas na ciência, isso não implica que estas não existiam. O que se pode perceber é que elas já existiam, porém, os seres humanos não tinham sistematização cultural suficiente para compreendê-las. A relação entre essas dimensões pode ser observada, por exemplo, quando um químico trabalhando no laboratório elabora a síntese de um composto e, para verificá-lo, utiliza de indícios de absorção de infravermelho, absorção atômica e entre outros métodos de caracterização para estabelecer a relação com sua estrutura submicroscópica. Ou seja, utilizam-se de técnicas experimentais embasadas de teorias, modelos, símbolos representacionais e de signos para promover a mediação entre a esfera fenomênica da aparência macroscópica com a esfera submicroscópica. A partir da síntese dessa unidade (macro-submicro), levando em consideração a sua dinâmica, chega-se à essência.

Imagine que há, até então, uma fronteira entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade. A aparência que se mostra na sua imediatividade ou que

possui mediações mais simples (dados empíricos da realidade, por exemplo) está do lado macroscópico da fronteira. No entanto, quando utilizamos da ciência, a partir de um aparato lógico-metodológico dialético, investigando o objeto/fenômeno mais a fundo, buscamos romper essa fronteira, de modo a estabelecer uma relação de unidade entre esses dois níveis. O rompimento dessa fronteira só é possível a partir de um pensamento teórico conceitual, de mediações simbólicas que nos conduz à essência. Nesse sentido, como unidade, a aparência fenomênica carrega elementos da essência, mas não a revela de imediato. Assim como a essência contém aquilo que nos é dado na aparência. Por isso, se a aparência das coisas coincidissem com a sua essência, toda a ciência seria sem valia (MARX, 2017). Por isso, para a consciência filosófica dialética só o pensamento conceitual e somente o mundo conceituado é, efetivamente, a realidade. Por fim, é a unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos, mediada pela representação estrutural, que confere a verdadeira concreticidade ao objeto/fenômeno.

5 PRINCÍPIOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE REPRESENTAÇÕES ESTRUTURAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Neste capítulo, visamos apresentar nossas contribuições para o ensino desenvolvendo as representações estruturais dos compostos orgânicos, ao mesmo tempo em que formulamos uma síntese das discussões anteriores, a qual nos levará à formulação de princípios didáticos que, possivelmente, nortearão a atividade pedagógica de professoras e professores de química. Porém, precisamos, inicialmente, situar o leitor frente a alguns embasamentos que serão cruciais na compreensão dos princípios que se seguirão, os quais tratam sobre o processo didático – o que envolve a simbolização e a dinâmica da atividade de ensino e a atividade de estudo.

Nesse momento da discussão, avançaremos para a síntese desse trabalho, o qual o movimento se dá pela tríade *destinatário-conteúdo-forma*, proposta por Martins (2013). Se nos recordarmos das discussões anteriores, começamos elucidando as bases do desenvolvimento psíquico do indivíduo na sua concretude (destinatário), passamos a discutir sobre o movimento histórico e epistemológico das representações dos compostos (conteúdo) e, nesse momento, o enfoque se dará na formulação didática (forma) para um ensino que proporcione o desenvolvimento do aluno, a partir da síntese da relação indissociável dessa tríade.

Cabe enfatizar que faremos uma sistematização teórica, formulando proposições que possibilitem a (re)organização e a orientação do trabalho do professor de química quando ele se propõe ensinar o conteúdo das representações estruturais no que tange à química orgânica. Essas proposições são princípios didáticos e jamais devem ser entendidas como um receituário do que fazer na prática pedagógica. Na relação totalidade-particularidade-singularidade, os princípios didáticos se configuram como uma particularidade e necessitam ser colocados em um contexto específico (singularidade) para adquirir o seu caráter prático efetivo. Só o professor, imerso na prática social local, poderá fazer esse movimento de transpor para a singularidade as proposições dos princípios didáticos, visto que só ele conhece as condições específicas do contexto em que está inserido.

A relação apontada acima precisa ficar clara ao leitor, para que não caiamos no reducionismo dos fundamentos do método com procedimentos de ensino engessados e mecanizados. Nesse sentido, o método pedagógico histórico-crítico deve ser entendido como:

[...] um conjunto articulado de fundamentos lógicos, os quais alicerçam toda a organização e o desenvolvimento do trabalho educativo com vistas a orientar o agir de professores na apreensão das múltiplas determinações constitutivas da dinâmica, da processualidade e das contradições da relação entre o ensino e a aprendizagem (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 122).

Desse modo, não desejamos aqui formalizar passos lineares e mecânicos que expressam uma sistematização da lógica formal da ação pedagógica, pois assim chegaríamos erroneamente em procedimentos de ensino descolados da realidade do contexto escolar. Além disso, não queremos negar que o professor não deva elaborar procedimentos de ensino em seu planejamento da aula. Os procedimentos, técnicas e ferramentas de ensino devem sim ser empregados na prática docente, porém não cabe aos princípios didáticos formular ou ditar sobre essas questões sem conhecer as condições concretas do ambiente escolar que cada professor está inserido.

O leitor pode, então, se perguntar: se a proposta desse trabalho não é apontar os procedimentos, qual é, afinal, o papel dos princípios didáticos na prática docente? Devemos recordar que dentro da nossa perspectiva teórica, a prática social é concebida como prática humana universal, ou seja, enquanto prática humana genérica historicamente produzida e socialmente acumulada. Nesse sentido, compreendemos que, a partir da análise da dinâmica histórica da elaboração das representações estruturais, apontando as necessidades históricas, e a partir dos fundamentos psicológicos e pedagógicos que adotamos de forma coerente, podemos formular proposições daquilo que é essencial para um ensino comprometido com o verdadeiro desenvolvimento do indivíduo nas máximas possibilidades que as condições reais proporcionem. Essas proposições terão caráter de princípios norteadores para a prática pedagógica do professor de química e não como procedimentos de ensino.

Por isso, concordamos com a seguinte afirmação de Pasqualini (2015):

A sistematização de princípios para a organização do ensino equivale a formular enunciados sintéticos de caráter geral (e, portanto, abstrato) que possam nortear o planejamento e a efetivação da atividade docente nas (diversas e singulares) situações concretas de ensino. Consideramos que esse tipo de formulação teórica pode exercer um influxo significativo sobre a prática pedagógica em sala de aula sem, contudo, incorrer na formulação de “receituários” que pudessem supostamente ser aplicados em quaisquer contextos dispensando a análise das especificidades das condições particulares e singulares enfrentadas pelo professor (PASQUALINI, 2015, p. 201).

Na introdução deste trabalho, tratamos de importantes fundamentos gerais da didática histórico-crítica proposta por Galvão, Lavoura e Martins (2019), os quais tiveram como objetivo, também, oferecer formulações teóricas que pudessem nortear a prática pedagógica dos professores. O leitor, então, pode se perguntar: se já existem princípios didáticos gerais

formulados a partir da PHC, o que resta para esta pesquisa fazer? A nossa defesa é de que os princípios, ou fundamentos didáticos gerais, são importantes para nortear a prática docente, mas eles não dão conta das especificidades que cada área do conhecimento exige no momento da prática pedagógica. Ou seja, o professor de química quando pretende ensinar, por exemplo, o conteúdo das representações estruturais dos compostos orgânicos, precisa ter o conhecimento dos fundamentos gerais que orientam a prática de qualquer professor, tendo como base a PHC (a didática geral da PHC), como também precisará conhecer os princípios norteadores para o ensino do conteúdo específico em questão. Isso se dá pelo fato de que, ao mediar os elementos da didática geral para a particularidade de um conteúdo químico, há a exigência de novas formulações que só esse tipo de conhecimento pode proporcionar pensar para a prática docente.

Ainda assim, o leitor pode gerar uma nova questão: por que, então, não ficamos somente com as didáticas específicas de cada área/contéudo e abandonamos a didática geral? A nossa defesa é a de que os fundamentos da didática geral são importantes, pois, apesar de não dar conta da especificidade dos conteúdos de cada área do conhecimento, é ela que unifica o trabalho coletivo dos professores de modo geral, assim como toca em aspectos relacionados à prática docente como um todo, os quais não podem ser desconsiderados, tais como: 1) a dimensão ontológica da atividade pedagógica; 2) a defesa da transmissão de conhecimentos; 3) o pleno domínio do objeto do conhecimento pelos professores; 4) concepção ampliada de eixo e dinâmica de ensino; 5) percursos lógico-metodológicos contraditórios e inversos entre ensino e aprendizagem; e entre outros. Defendemos, assim, que, para uma prática de ensino na perspectiva da PHC, o professor de química deve ter como orientador da sua atividade os princípios gerais da didática e os princípios didáticos particulares dos conteúdos que visa ensinar.

No movimento que este capítulo pretende traçar, antes de passarmos para a exposição das formulações dos princípios didáticos, trataremos de algumas questões pertinentes que são requisitos para a nossa discussão mais adiante e que irão facilitar a compreensão do leitor.

Dito isso, cabe-nos agora lembrar que o objetivo do professor, cujo embasamento da sua prática é a PHC, é transmitir os conteúdos escolares mais desenvolvidos, para que o aluno possa compreender a realidade ao seu entorno na sua totalidade. Ou seja, o objetivo é disponibilizar os instrumentos necessários para que o indivíduo possa desenvolver um pensamento teórico que possibilitará compreender a realidade à sua volta na sua essência, elevando a sua compreensão da síncrese à síntese, por meio da análise. Nesse sentido, de

acordo com o objeto de estudo deste trabalho, o nosso objetivo, como professoras e professores de química, é transmitir o conjunto de símbolos que compõem a elaboração, histórica e coletiva, das representações estruturais dos compostos orgânicos. Isto, a fim de possibilitar o desenvolvimento psíquico dos nossos alunos, elevando seu pensamento a operar pela análise e síntese da realidade nas suas múltiplas determinações, na sua concretude, captando aquilo de mais essencial. Como, também, relacionando com outros conceitos para que, assim, se possa alcançar a compreensão da realidade posta para além da sua imediaticidade.

Proporcionar um ensino desenvolvente remete ao professor de química estar atento a algumas questões relevantes que perpassam, por exemplo, pela capacidade de simbolização dos estudantes. Essa capacidade nada tem a ver com algo biológico e natural dos indivíduos, mas está relacionada com apropriações culturais que possibilitem um pensamento abstrato daquilo vivenciado empiricamente através dos símbolos. Nesse sentido, o professor precisa retomar com o aluno, isto é, tratar explicitamente sobre o que é uma relação simbólica, visto que o símbolo mantém uma relação arbitrária com o que ele simboliza, ou seja, a razão da forma de um símbolo não está, necessariamente, nas características da coisa simbolizada, mas em uma convenção adotada e aceita coletivamente.

Vigotski (2007) exemplifica sobre o processo do início da simbolização na criança no seguinte trecho:

[...] um pedaço de madeira torna-se um boneco e um cabo de vassoura torna-se um cavalo. A ação regida por regras começa a ser determinada pelas ideias e não pelos objetos. Isso representa uma tamanha inversão da relação da criança com a situação concreta, real e imediata, que é difícil subestimar seu pleno significado. A criança não realiza esta transformação de uma só vez por que é extremamente difícil para ela separar o pensamento (o significado de uma palavra) dos objetos (VIGOTSKI, 2007, p. 115).

Os processos de simbolização, geralmente, começam relacionando dois objetos, como exemplificado por Vigotski acima, e vai se tornando algo cada vez mais complexo. A criança vai aprendendo a desenhar os objetos, abstraindo a sua forma empírica, selecionando os traços principais, até conseguir estabelecer uma relação simbólica entre o desenho feito e o objeto representado. Nesse sentido, é importante salientar sobre a não semelhança do desenho e da palavra com o objeto referendado, ocorrendo, assim, o processo de simbolização desencadeado por sua representação arbitrária. Daí decorre a importância da atividade de desenho desde a educação infantil, possibilitando à criança sua objetivação por meio do gesto gráfico em direção de representações cada vez mais abstratas do mundo (DANGIÓ, 2017).

Essa capacidade de representação pode ganhar contornos mais complexos até o estudante se deparar com a aprendizagem de química, quando precisa relacionar objetos submicroscópicos às representações estruturais que o referendam. O professor, na sua prática de ensino, precisa estar consciente de que essa relação não se dá facilmente, mas requer todo um desenvolvimento do processo de simbolização que vem sendo construído desde a educação infantil. E quando esse processo, por algum motivo, apresenta falhas, a dificuldade na aprendizagem pode ser acentuada. Cabe, então, ao professor identificar o nível de simbolização que o sujeito já consegue operar conscientemente sozinho, e proporcionar as condições favoráveis para que ele se aproprie do conhecimento químico e supere, por incorporação, as dificuldades encontradas no processo de simbolizações mais complexas.

É nesse caminho, do desenho e da representação simbólica, que Dangió (2017, p. 243) afirma que “encontra-se a intervenção do professor na proposição do desenho em diferentes suportes (papel camurça, lixa, caixa de pizza etc.), com diferentes riscadores (lápis, giz de cera, pincel, dedo etc.), ampliando, assim, as experiências da criança”. Nesse mesmo sentido, apontamos a importância dos professores de química utilizarem diferentes formas para representar as estruturas dos compostos orgânicos – seja graficamente, seja com materiais sólidos do tipo bola-vareta, seja com softwares etc. O ensino da variedade de formas de representar um mesmo ente químico amplia as possibilidades de entender que tratam-se de representações. E operar com elas, pela via do pensamento, de modo a torná-las signo é necessário, desde que o professor sempre tenha o cuidado na transição entre essas diferentes formas.

Nesse momento da discussão, faz-se necessário, então, ensinar ao sujeito a se relacionar conscientemente com a percepção visual dos símbolos que compõem as representações estruturais com o seu significado, estabelecendo uma relação dialética entre o seu referente submicroscópico e suas propriedades macroscópicas. Por isso, o que queremos deixar explicitado aqui é que o estudante, ao se deparar com uma representação estrutural da molécula de ácido etanoico, por exemplo, deve ser capaz de ler, interpretar e compreender essa informação visual, transformando-a em uma informação linguística dotada de significado. Deste modo, ele deve compreender que essa representação faz referência a uma estrutura submicroscópica inacessível imediatamente, a qual se relaciona com uma substância macroscópica dotada de propriedades perceptíveis, uma substância utilizada e produzida dentro de relações sociais das mais diversas. O estudante também deve estar atento de que tudo isso estabelece relações dialéticas e contraditórias dentro da prática social global.

Nenhum dos aspectos de compreensão sobre o ácido etanoico, citados acima, estão dados, inicialmente, na representação em si, logo, esses aspectos só atingem o aluno quando o ensino é comprometido com a noção de totalidade e de desenvolvimento nas suas máximas possibilidades. Deste modo, é necessário que o professor, na sua prática, proporcione as condições de aprendizagem que desenvolvam no sujeito a capacidade de captar o conceito das representações estruturais como unidade de sentido, pois a apropriação desses signos se mostra essencial na constituição de um pensamento teórico capaz de pensar o mundo para além da sua captação sensorial. Nessa direção, concordamos com Dangió (2017, p. 233) quando ela afirma que “para se formar um indivíduo verdadeiramente humano, há a necessidade de se formar nele a função simbólica”. Função essa com a qual as representações estruturais dos compostos orgânicos estão estritamente relacionadas.

Citamos, anteriormente, o horizonte do professor no processo de ensino, a partir da pedagogia histórico-crítica, mas precisamos também recordar que o objetivo final do processo pedagógico é que o aluno, dotado de novas informações, possa estabelecer uma nova relação com a realidade, que ele seja capaz de analisá-la, sintetizá-la e tomar decisões mediadas pelo pensamento teórico. Desse modo, para que se possa estabelecer um novo tipo de conduta com o mundo é necessário que seja internalizado um novo princípio regulador.

Podemos tomar o seguinte exemplo: um indivíduo que possui experiência, no seu cotidiano, com a substância acetona pode captar algumas propriedades mais imediatas, como identificar que é uma substância líquida na temperatura ambiente, que possui facilidade em evaporar etc. Entretanto, dificilmente alcançará níveis de abstrações que possibilitarão compreender o porquê dessas propriedades, sem a apropriação dos conceitos relacionados com as representações estruturais moleculares dessa substância e suas relações com a prática social global para além daquela situação específica. Nesse sentido, destacamos que a representação nos liberta do campo perceptual, da relação direta com o objeto.

A operação sem generalização, sem pensamento conceitual, restringe o comportamento do indivíduo a situações exemplares específicas. Nesse sentido, Vygotski (1995, p. 86) afirma que “a um novo tipo de conduta deve corresponder forçosamente a um novo princípio regulador da mesma, e o encontramos na determinação social do comportamento que se realiza com a ajuda dos signos”. Ou seja, o estágio final do processo de desenvolvimento do indivíduo, que por sua vez está relacionado com o processo de ensino e aprendizagem, é a mudança de conduta frente às problemáticas que a realidade os coloca, a partir da mediação que a nova informação apropriada, possivelmente, lhe proporcionará.

É preciso evidenciar que essa relação da aprendizagem com o desenvolvimento não se dá de forma imediata e nem *pari passu*. Isso quer dizer que não estamos afirmando que o processo de ensino, por si só, irá gerar uma mudança de conduta no aluno, pois existem multideterminações para o seu agir no mundo. No entanto, defendemos que essa possível mudança perpassa pela apropriação da cultura, do conjunto de símbolos e significações elaboradas e disponibilizadas pela humanidade. Desse modo, como professoras e professores de química, precisamos ter internalizado que a aprendizagem das representações das estruturas dos compostos pode proporcionar o desenvolvimento psíquico necessário para compreensão da realidade atual. Ainda assim, enfatizamos que essas representações que compõem a linguagem química podem contribuir na reorganização dos processos mentais, mediadores da percepção e da ação do sujeito.

Pensar em uma prática docente que se comprometa com o desenvolvimento pleno dos alunos nos remete, também, a refletir sobre a relação cognitivo-afetivo que os indivíduos estabelecem com os conteúdos que estão postos para a apropriação. Duarte (2004b) afirma que um dos grandes desafios presentes na educação escolar contemporânea é o de fazer justamente com que a aprendizagem de conteúdos escolares tenha sentido para os alunos. Os sentidos que os estudantes estabelecem com o conteúdo químico nos processos de aprendizagem, por exemplo, não são puramente individuais e muito menos da sua natureza biológica, mas são produzidos socialmente na sua essência, mediados pela atividade humana. Desse modo, a atividade, mediada pelo reflexo psíquico da realidade, é a unidade da vida que orienta o sujeito no mundo dos objetos, sejam eles materiais ou simbólicos. Ao analisar, então, a estrutura da atividade humana em sua relação dialética com a estrutura da consciência, Leontiev (1978b) diferencia alguns elementos, como objeto, necessidade e motivo, bem como atividade, ação e operação (conceitos que vimos no Capítulo 3 deste trabalho).

De acordo com Asbahr (2005, p. 109), para a psicologia histórico-cultural, “a necessidade é o que dirige e regula a atividade concreta do sujeito em um meio objetual”. Desse modo, a necessidade se configura como um dos aspectos essenciais da atividade humana, sendo considerada como um processo pelo qual se concretizam as relações entre o sujeito e o objeto. Assim, postula-se o caráter objetivo da atividade, ou seja, a característica essencial de ser sempre e necessariamente orientada por um objeto.

A atividade de ensino precisa visar produzir no estudante novas formações psíquicas, ou seja, produzir no indivíduo novas necessidades e motivos que irão, gradativamente,

modificar a atividade principal dos alunos e reestruturar os processos psíquicos particulares (DAVIDOV, 1988a).

Está posta ao professor a tarefa de produzir necessidades de ordem superior, as quais avancem em relação às necessidades imediatas e pragmáticas que os indivíduos já apresentam espontaneamente. A promoção dessas novas necessidades está subjugada à apropriação dos conteúdos que, em primeiro momento, possuem uma relação externa com a vida do aluno.

Visto isso, cumpre-nos, agora, avançar em direção da elaboração de princípios didáticos que subsidiem a prática do professor de química, sem perdermos de vista o objetivo maior: um ensino que proporcione uma formação desenvolvendo do indivíduo, em termos do pensamento teórico, a partir da apropriação das representações estruturais dos compostos orgânicos.

5.1 O ENSINO DA REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO UNIDADE ENTRE OS NÍVEIS MACROSCÓPICOS E SUBMICROSCÓPICOS

Como tratamos no capítulo anterior, percebemos que as representações de estruturas dos compostos orgânicos são objetivações humanas que se constituíram para mediar os níveis macroscópicos e submicroscópicos do conhecimento químico. A necessidade de explicar os fenômenos que eram observados macroscopicamente levou o ser humano a desenvolver formas de acessar o nível submicroscópico da matéria, sendo as representações estruturais uma unidade mínima que possibilitou essa compreensão mediada. Nesse sentido, o ensino das representações nos parece relevante quando o professor tem como horizonte disponibilizar instrumentos para que os alunos possam enxergar a realidade além da sua aparência imediata, em busca de uma consciência que capte a realidade na sua essência de forma concreta. Deste modo, foi necessário compreender como as representações estruturais foram elaboradas e desenvolvidas no seu movimento histórico, a partir dos fundamentos teóricos deste trabalho, para que pudéssemos chegar à propositura que este tópico se dispõe.

Mesmo que o objetivo desta pesquisa não seja analisar livros didáticos, em consulta a alguns deles, como o de Fonseca (2016), Mortimer e Machado (2013), Antunes (2013) e Santos e Mol (2013), percebemos que, logo quando começam a tratar do estudo da química orgânica, especificamente do estudo das representações estruturais de compostos orgânicos, muitos partem do elemento químico carbono. Nesse sentido, são apresentadas as características do carbono, como a tetravalência, tipos de ligações e entre outras, e isso acaba,

muita das vezes, sendo reproduzido pelos professores que tomam o livro didático como base para a sua prática em sala de aula.

Essa forma de tratar o ensino das representações direciona o começo do estudo pela parte isolada, não configurando a unidade essencial para a compreensão dos fenômenos, como concebemos. Isso nos parece ser um dificultador da aprendizagem do estudante, pois para explicar as propriedades dos fenômenos da química orgânica como uma totalidade, necessitou-se do ente mediador entre os níveis macro e submicro – a representação estrutural como um todo. Deste modo, não se pode, primordialmente, decompor essas estruturas nos seus elementos constituintes, pois as propriedades do carbono, por exemplo, não constituem, por si, as propriedades inerentes à explicação da estrutura.

Para ilustrar essa concepção de análise pela decomposição do ente em seus elementos constituintes, Vigotski (2009) cita o exemplo sobre a análise química da água, que a decompõe em seus constituintes hidrogênio e oxigênio. Ao realizar esse desmembramento, percebe-se que os elementos isolados não contêm as propriedades que são inerentes ao todo (substância água) como tal e possuem variedade de propriedades que nunca poderiam ser encontradas nesse todo. Nesse sentido, Vigotski (2009) afirma que, “no fundo, a análise que nos leva a produtos que perderam as propriedades inerentes ao todo nem chega a ser propriamente análise do ponto de vista do problema a cuja solução ela se aplica” (VIGOTSKI, 2009, p. 6). Por isso, a nossa defesa é a de um ensino das representações estruturais que seja pautado na unidade mínima de análise, aquela que nos permite explicar as propriedades concretas e específicas do todo em estudo.

Não queremos aqui dizer que o estudo das características dos elementos individuais não é importante, entretanto, ele não deve ser o ponto inicial para o entendimento dos fenômenos. Primeiro, entende-se a relação entre o fenômeno percebido e as estruturas como unidade de significação, pois assim haverá a possibilidade de se estabelecer um sentido na relação entre o empírico e as teorias. Posteriormente, pode-se avançar no estudo dos símbolos e elementos isolados que compõem a estrutura, enriquecendo o pensamento de determinações.

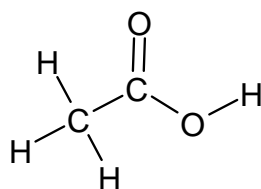
Se o professor está disposto a praticar um ensino desenvolvente, é necessário que este seja dotado de significado e sentido para o aluno. É no significado das representações dos compostos que encontramos a unidade entre o pensamento e a linguagem química. Neste sentido, os símbolos que utilizamos para representar os entes submicroscópicos desprovidos de significado não se configuram como signo, de acordo com Vigotski (2009), mas apenas um conjunto de símbolos vazios. Quando defendemos o caráter mediador das representações

estruturais dos compostos orgânicos, levamos em consideração o seu significado, pois é nele que as forças que carregam as propriedades e características, tanto do nível macroscópico quanto do submicroscópico, se mostram na sua forma mais simples e conservam o todo. Logo, o significado é um traço constitutivo indispensável das representações estruturais, o qual precisamos tomar como fundamento essencial nas nossas práticas docentes.

É válido ressaltar aqui que as representações estruturais dos compostos se incluem no conceito mais geral de atividade mediadora, isto é, um tipo de atividade que permite exercer uma influência recíproca aos entes que participam, a partir de suas propriedades essenciais (MARTINS, 2015). Lembremos que essa concepção ultrapassa a ideia de uma mera relação associativa aparente entre coisas, mas se configura como intervinculações entre entes, algo que se interpõe e, ao mesmo tempo, carrega as propriedades tanto de um quanto de outro.

Podemos tomar o exemplo da representação estrutural do ácido etanoico (Figura 20). Ele, assim como as demais representações estruturais, possui como função mediar os níveis macroscópicos e submicroscópicos do conhecimento químico. Ao mesmo tempo em que carrega as características essenciais capazes de explicar as propriedades fenomênicas da substância, como viscosidade, solubilidade, temperatura de ebulição, reatividade etc, ele também contém as características que se relacionam com a estrutura molecular, como as forças de interações moleculares e seu momento de dipolo, geometria, os tipos de ligações químicas, os elementos químicos constituintes etc. Essa relação entre as características dos dois níveis não são dadas *a priori* e nem são tácitas. É o professor, no processo de ensino, quem precisa tornar evidente as influências recíprocas que existem entre eles, influências que se configuram em uma unidade indissociável para o conhecimento químico no modo atual.

Figura 20 - Representação estrutural do ácido etanoico



Fonte: Elaborada pelo autor.

As intervinculações entre esses dois níveis são, ainda, passíveis de transformações. Novos fenômenos descobertos em níveis macroscópicos, por exemplo, levam a interferir na compreensão do nível submicroscópico, assim como novas interpretações ou novas

elaborações de cunho teórico previsível que dizem respeito às estruturas dos compostos. Elas, possivelmente, ganharão mais robustez quando perceptíveis e estudadas pela via do empírico e ao se relacionarem com os conceitos estruturantes da química. Nesse sentido, como já ressaltamos, é uma relação dialética na unidade de níveis contrários.

Em sua prática docente o professor precisa estar consciente de que essas representações não têm o papel de estabelecer uma “ponte” entre a realidade macroscópica e a submicroscópica dos fenômenos químicos. Pelo contrário, a mediação que esses símbolos dotados de significados desempenham é uma interposição que promove a compreensão na sua essência, por carregar as propriedades do nível macro e submicroscópica da realidade, guarda a intencionalidade socialmente construída e possibilita transformação e desenvolvimento psíquico.

Como tratado nos capítulos anteriores, a psicologia histórico-cultural considera o papel da palavra, no seu significado, como a unidade fundamental entre o pensamento e a linguagem. O significado eleva a palavra ao grau de conceito, de generalização, tornando-se um fenômeno do pensamento. Desse modo, a palavra e seu significado são importantes recursos que qualificam o psiquismo humano como um todo, pois cabe a ela mediar a percepção e carregar em si “as unidades fundamentais da consciência que refletem o mundo exterior” (LURIA, 2010, p. 24). Nesse sentido, defendemos que o indivíduo em desenvolvimento precisa aprender as palavras em atividade com os objetos e nas relações sociais, nas quais as significações acompanham as ações, em um processo ativo. Sendo assim, a ideia central é promover um ensino que possibilite a apropriação das significações historicamente elaboradas, fazendo o estudante avançar em sua atividade mental.

As representações estruturais dos compostos orgânicos, objeto desse trabalho, se configuram como um conjunto de símbolos que possuem significações socialmente estabelecidas, como generalizações, como conceito e, assim como a palavra, desempenha um papel importante no processo de desenvolvimento do pensamento teórico. Essa importância está relacionada ao desenvolvimento das abstrações do real, como forma de análise para se chegar à concreticidade dos fenômenos químicos. Além disso, as representações estruturais são a unidade entre as esferas macroscópicas e submicroscópicas, pois contêm, na forma mais simples, todas as propriedades básicas dos dois níveis do conhecimento químico, constituindo-as como a unidade mínima de análise para a química orgânica.

Nessa sequência, advogamos para um ensino que supere esse método de análise baseado na decomposição em elementos, dando outro enfoque, através de uma análise que

desmembra a unidade do fenômeno químico em unidades várias, de modo que, diferentemente dos elementos, não perdem as propriedades inerentes à totalidade e são suscetíveis de explicação, mas contêm, em sua forma primária e simples, aquelas propriedades do todo que está sendo analisado.

Essa nossa posição pode ser justificada em termos da psique, relacionando com a apropriação dos signos, e em termos da elaboração e desenvolvimento histórico das estruturas. Percebe-se, a partir do processo histórico da elaboração das representações estruturais, que o que moveu a humanidade nessa direção foi a necessidade de explicar fenômenos que eram percebidos numa escala macroscópica. Desse modo, a relação entre o fenômeno observado e os entes submicroscópicos, os quais eram acessados por meio da elaboração de representações, se dá com a unidade estrutural como um todo e não com os seus elementos isolados. Processo análogo acontece com os estudos de Vigotski (2009) em relação à apropriação dos significados das palavras. O sujeito não deve aprender as letras separadas, depois as sílabas, até chegar à palavra. A palavra precisa ser o enfoque primordial, como a unidade que carrega a significação socialmente elaborada. Por isso, o ensino desse conteúdo precisa seguir o caminho que esteja de acordo com o processo histórico da elaboração da significação e com as premissas da psicologia histórico-cultural no processo de apropriação.

Trabalhos que tratam do processo de alfabetização (referenciados na PHC e na PsiHC) já mostraram que o caminho para um ensino que promova o pleno desenvolvimento psíquico das crianças, este, coerente com a compreensão da realidade concreta, ocorre ao tomar a palavra como a unidade mínima de significação (COELHO, I., 2016; DANGIÓ, 2017; MARTINS, 2015).

Com a nossa pesquisa, conseguimos evidenciar dois equívocos que geralmente são cometidos por professores nas aulas de química orgânica. O primeiro é que, muitas vezes, começamos a ensinar a partir do construto teórico das representações, focando nos aspectos e relações com os entes submicroscópicos, esquecendo dos dados fenomênicos observáveis.

O segundo equívoco, como já mencionado anteriormente, se dá quando o ensino é iniciado a partir dos elementos isolados que compõem a estrutura dos compostos orgânicos. E, como já sabemos, os elementos isolados não carregam, em si, características e propriedades que expliquem os fenômenos observáveis a nível macroscópico. Quando esses dois tipos de equívocos são praticados em conjunto, o ensino das representações atinge o mais puro vazio de significado e sentido para o aluno, pois as representações serão ensinadas, logo de início, de forma descolada dos fenômenos que tentam explicar. E, além disso, a partir de

características dos elementos isolados, isso de nada irá ajudar para a compreensão do tardio contato com os dados da observação empírica. Esse tipo de ensino pode resultar em profundos problemas de aprendizagem “ao ignorar o momento de unidade e integridade do processo em estudo e ao substituir as relações internas de unidade pelas relações mecânicas externas de dois processos heterogêneos e estranhos entre si” (VIGOTSKI, 2009, p. 7).

Desse modo, as aulas deveriam ter como horizonte instalar a contradição entre a aparência e a essência, e isso só se dá na relação empiria-teoria, mediada pela representação. Qualquer um desses polos não alcança as potencialidades de um ensino pautado na lógica dialética.

No que se refere à percepção da problemática do ensino mecanizado e focado na memorização de símbolos, nomenclaturas e classificações de estruturas orgânicas, sem uma relação com a base fenomênica e sem sentido para o aluno, não é algo novo. Alguns trabalhos (CORDEIRO; ALMEIDA; PEREIRA, 2018; MARCONDES et al., 2015; ROQUE; SILVA, 2008) já sinalizavam para o problema de aprendizagem da química orgânica quando o ensino se estruturava em decorar nomes e símbolos, sem os devidos esclarecimentos, e ao não combinar de forma correta o pensamento que conduz à realidade submicroscópica que eles representam.

É importante deixar claro que não estamos desconsiderando o papel importante da memória como função psíquica, pois esta faz parte do todo da psique humana e, juntamente com as outras funções, promove a compreensão da realidade. No entanto, pautar o ensino das representações estruturais e suas respectivas nomenclaturas em aspectos unicamente mnemônicos não dá conta da compreensão da realidade que a química busca explicar.

Se o aluno estabelece unicamente uma relação com a representação estrutural do benzeno, por exemplo, associando-o como um hexágono com uma bolinha dentro, ou se fica simplesmente decorando a sequência *met, et, prop, but, pent* etc. dos prefixos para dar nomes às estruturas, ou se estabelece uma relação de memorização para classificar as cadeias carbônicas *saturada/insaturada, normal/ramificada, aromática/não aromática* etc. essa aprendizagem está completamente destoadada de sentido e dificilmente contribuirá para a compreensão da realidade. O aluno saberá dar nome a uma cadeia, por exemplo, mas não terá o seu equivalente, não saberá de fato do que se trata tal nome.

Tratar o ensino de química orgânica desta forma é conduzir o pensamento do aluno ao que Davidov (1988a) chamou de “pensamento empírico”, o qual, baseado na lógica formal

tradicional, busca resolver as tarefas de classificação dos objetos, segundo seus traços externos, e os identificar. Neste sentido, o mesmo autor afirma:

Na generalização conceitual empírica não se separam, justamente, as particularidades essenciais do objeto, a conexão interna de seus aspectos. Dita generalização não assegura, no conhecimento, a separação entre os fenômenos e a essência. As propriedades externas dos objetos, sua aparência se toma aqui pela essência (DAVIDOV, 1988b, p. 108).

Vale destacar ainda que o pensamento empírico se limita, então, em: a) comparar os dados sensoriais concretos com o objetivo de separar os traços formalmente gerais e realizar sua classificação; b) identificar os objetos sensoriais concretos com o objetivo de incluí-lo em uma ou outra classe (DAVIDOV, 1988a).

Observar uma representação estrutural de um composto orgânico e estabelecer uma relação unicamente de dar-lhe o nome e classificá-lo, sem compreender as conexões do seu referente, suas determinações e seus aspectos essenciais, é a real expressão de um pensamento empírico.

É válido salientar que, dar nomes às cadeias, classificá-las e relacioná-las analogamente, também é importante para o conhecimento químico, mas esses processos precisam ter um caráter de atividade e fazer sentido para o aluno. No entanto, operacionalizar essas ações, sem antes torná-las atividade, possivelmente, implicará em um ensino vazio, em meras repetições, sem significados reais. O professor precisa conduzir o seu ensino na direção de estabelecer relações entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade, mostrando a dinâmica de uma unidade contraditória entre os fenômenos que é perceptível e as representações dos compostos orgânicos, para se chegar à verdadeira essência do conteúdo estudado. Nessa direção, estudar as representações, a sua nomenclatura e as classificações de cadeias carbônicas nas suas variadas relações, provavelmente, fará sentido e poderá virar atividade.

Não estamos aqui desmerecendo o pensamento empírico, pois sabemos da sua relevância como ponto de partida para avançarmos. Entretanto, o ensino que busca levar o aluno a compreender a realidade na sua concretude precisa caminhar na direção de formar um pensamento teórico. Um “pensamento que põe em evidência a essência dos objetos, as leis internas de seu desenvolvimento” (DAVIDOV, 1988b, p. 109). Ainda assim, é o pensamento teórico, pautado na lógica dialética, que deixa evidente o movimento, as passagens e o desenvolvimento, pois examina as coisas de acordo com a natureza própria delas.

Nesse momento, iremos citar um exemplo de como o professor pode conduzir sua atividade pedagógica tomando como fundamento o princípio do *ensino da representação estrutural dos compostos orgânicos como unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos*. É importante evidenciar que não queremos dar uma receita pronta do que fazer, e nem cair na didatização, mas pretendemos dar materialidade na compreensão do princípio através de uma situação hipotética.

Em uma aula de química, o professor pretende ensinar sobre a representação estrutural da substância etanol. Para isso, ele pode começar apontando ou questionando sobre os aspectos dessa substância que são perceptíveis para o estudante, primordialmente, em seus traços mais imediatos. Por exemplo: qual o estado físico do etanol? Qual a coloração dessa substância? Ao passar um algodão embebido de etanol na pele, qual a sensação que temos? (Pode-se realizar a experiência, caso possível) Comparado com a água, o etanol evapora com mais facilidade ou não? Onde o etanol, também muito conhecido popularmente como álcool, pode ser encontrado na prática social? Como o etanol é produzido até chegar a ser comercializado? Essas podem ser algumas das questões introdutórias levantadas pelo professor, podendo ser apresentadas através de perguntas direcionadas aos alunos ou não.

É necessário, nesse primeiro momento, que fique claro para o estudante que o etanol é uma substância líquida na temperatura ambiente, que possui a característica de ser relativamente volátil, que tem capacidade de se misturar com substâncias hidrofílicas e lipofílicas, de modo geral, etc. Além disso, é importante destacar que essa substância é utilizada e produzida dentro de relações sociais multideterminadas. Por exemplo, que o etanol é utilizado na produção de bebidas, cosméticos, aromatizantes, solventes, produtos de limpeza, remédios, combustível de veículos etc (Figura 21). Essa diversidade na utilização do etanol só pode existir devido a uma estrutura de produção. Estrutura essa que está situada em um sistema socioeconômico que não se preocupa com o meio ambiente, com a saúde do trabalhador e que promove o aumento da desigualdade social. No Brasil, a matéria-prima majoritária que produz o etanol é a cana de açúcar, e o seu plantio em grande escala provoca, entre outras coisas, a existência de monoculturas em determinadas regiões, o desmatamento, a concentração de terra em grandes latifúndios, a perda da biodiversidade, a concentração de renda na mão dos donos dos latifúndios e a condições de trabalho, muitas das vezes, análogas à escravidão.

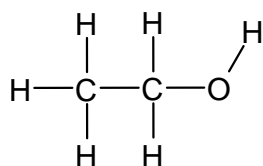
Figura 21 - Figuras que representam a presença do etanol em diversos aspectos da realidade e a sua produção



Fonte: Compilação do autor; imagens de uso livre retiradas da internet.

É importante que o estudante se aproprie, então, não só do que tange às características da substância em si, mas das suas determinações diversas dentro de relações sociais concretas.

Posteriormente, o professor conduz o estudante sobre a necessidade de explicar as características do etanol observadas. Necessidades que surgiram, historicamente, quando o ser humano se propôs em explicar a natureza ao seu redor. Por exemplo: por que o etanol é mais volátil do que a água? Ou então, por que o etanol possui uma melhor solubilidade com a gasolina, se comparado com a água? Essas questões moveram os cientistas em buscar na constituição das substâncias as respostas. Nesse sentido, foram elaboradas formas para acessar o mundo submicroscópico (não visível), intangível aos seres humanos, de forma direta. Assim, foi através de representações das estruturas que pudemos compreender como a natureza funciona para além do que vemos e/ou sentimos. Essas representações, como a do etanol (Figura 22), possibilitaram a construção de teorias capazes de explicar os fenômenos que observamos no nível macroscópico, como as diferentes forças de interação entre as moléculas para explicar volatilidade e solubilidade. As representações, então, configuram-se como unidades que promovem a mediação entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade.

Figura 22 - Representação estrutural do etanol

Fonte: Elaborada pelo autor.

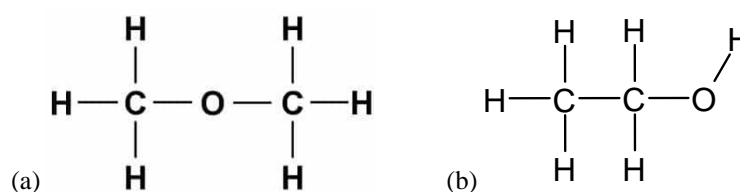
É importante destacar para o aluno que: 1) as moléculas representadas por essas estruturas não estão sozinhas, mas em um aglomerado de inúmeras e interagindo entre si para que possam gerar as propriedades das substâncias. Apesar de focarmos na representação da unidade mínima de análise, é importante deixar claro que ela só ganha materialidade, dinâmica, nas suas relações com as outras moléculas. 2) a representação estrutural do etanol e de outras substâncias não é uma cópia de como realmente a molécula é. São apenas formas de simbolizar para que possamos melhor estudá-las e compreender a realidade ao nosso redor. Por isso, as representações podem ser de diferentes formas, como veremos nos princípios seguintes.

Quando comparamos o etanol com outras substâncias podem surgir questões como: qual a justificativa para a diferença entre propriedades, como as temperaturas de ebulição do etanol e do metoximetano (ou dimetil éter), compostos isômeros que contém as mesmas quantidades de átomos, porém, diferem na distribuição espacial em suas moléculas? O metoximetano é um gás em condição ambiente, muito utilizado como propelente em aerossóis, além de ser empregado como combustível automotivo na substituição do gás liquefeito do petróleo ou até mesmo do diesel. Geralmente, essa substância é obtida a partir do gás natural ou da biomassa. Se compararmos as suas propriedades com a do etanol, percebemos o seguinte: em temperatura ambiente e condições de pressão atmosférica, o etanol se encontra no estado líquido, já o metoximetano é uma substância gasosa; enquanto o etanol possui uma solubilidade em água para qualquer proporção, o metoximetano possui uma solubilidade em água limitada de 328g/L a 20°C. Entretanto, os dois compostos possuem as mesmas massas molares de aproximadamente 46g/mol, pois possuem a mesma fórmula mínima: C₂H₆O.

O professor precisa evidenciar, na sua prática de ensino, que as propriedades distintas, como as citadas acima, entre esses dois compostos orgânicos, só poderão ser justificadas pela química a partir da compreensão da disposição dos átomos na molécula que compõe cada substância. Conhecer as proporções entre os átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio que

compõem as duas substâncias e geram uma fórmula mínima equivalente, não dava conta de justificar as diferentes características entre elas. Por isso, os cientistas precisaram formular meios de acessar a realidade submicroscópica e propor, através de representações, estruturas distintas para as duas substâncias de modo coerente com a realidade fenomênica observada. Nesse sentido, podemos comparar as duas representações estruturais abaixo (Figura 23).

Figura 23 - a) representação estrutural do metoximetano; b) representação estrutural do etanol



Fonte: Elaborada pelo autor.

A diferença entre as duas estruturas acima consegue justificar, por exemplo, as temperaturas de ebulição distintas entre as duas substâncias, de modo que uma seja gasosa e outra líquida na temperatura ambiente, apesar de possuírem a mesma massa molar. A disposição dos átomos na molécula de forma distinta faz com que elas possuam momentos de dipolos mais fortes ou mais fracos. Isso, então, explica o estado líquido do etanol devido às forças de interações mais fortes quando comparados ao metoximetano.

É importante sinalizar que utilizamos a substância do etanol para exemplificar situações hipotéticas de ensino sobre essa substância, mas que não se deve tornar as aulas de química orgânica em aulas de substâncias. O professor não vai conduzir seu trabalho pedagógico com uma aula sobre benzeno, outra aula sobre etanol, outra sobre éter etílico e assim por diante, pois assim estaria dando aula de exemplares e perderia o caráter generalizador. As considerações feitas sobre o etanol foram realizadas para deixar evidente ao leitor, principalmente, a relação da unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos e as várias determinações que esta substância possui dentro de relações sociais concretas.

Para deixar mais claro, se o professor pretende dar aula sobre combustíveis, ele certamente falará sobre o etanol, a gasolina, o gás natural e entre outras substâncias. A partir disso, ele pode comparar as propriedades fenomênicas de cada combustível, compreender a estrutura dos seus meios de produção, compreender as matérias-primas que lhes dão origem e os processos físico-químicos envolvidos, relacionar suas propriedades com as representações estruturais captando a essência dos fenômenos, relacionar a nomenclatura com as estruturas e

a substância referente, entender a geopolítica por trás do monopólio de certos combustíveis, e diversos outros aspectos. Esse movimento é o que possivelmente produzirá sentido para o aluno em estudar as representações estruturais, dotado de conteúdo real e significação.

Desse modo, seja em aulas sobre combustíveis, ou sobre funções orgânicas, ou nas reações de produção, ou estudo das soluções, ou entre outros conteúdos, o que queremos deixar claro é que não podemos perder de vista a noção de totalidade, das multideterminações e da unidade de contrários entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos para a compreensão da química orgânica, fator que se mostra na representação das estruturas dos compostos.

É importante destacar que os conceitos ensinados não se esgotam a partir da primeira apropriação do aluno com este. Pois, como Vigotski (2009) nos ensina: quando um conceito é apropriado o seu caráter de generalização está só começando. Nesse sentido, a organização do ensino precisa possuir um caráter de espiral ascendente, de modo que as representações estruturais estudadas ganhem cada vez mais determinações e enriqueçam de relações para que, assim, passemos do pensamento sincrético ao pensamento sintético no aluno.

Salientamos que as representações estruturais, as quais os professores pretendem ensinar, precisam adquirir os verdadeiros significados e generalizações correspondentes aos conceitos, pois operar pela via das representações de modo externo, de modo superficial, pode criar a falsa ilusão que se têm conceitos e isso pode limitar a operar pela particularidade.

Compreendendo a relação entre o fenômeno e a estrutura como unidade, o professor pode passar, sem problemas, para o estudo dos elementos de simbolização que compõem a estrutura e a sua construção, como: tipos de ligações, valência dos elementos, ângulos de ligações, se possuem ramificações etc.

5.2 A NECESSIDADE HISTÓRICA DAS REPRESENTAÇÕES

Na perspectiva de totalidade para a compreensão de um objeto, seja material, simbólico ou conceitual, é essencial estabelecer uma relação com sua historicidade para captar seus traços essenciais. Nesse sentido, o professor precisa conduzir o indivíduo aprendiz a ir além da aparência fenomênica, imediata e empírica, que, em geral, é por onde se inicia a aprendizagem do objeto, até chegar à essência do objeto, mantendo uma relação de operação consciente com sua estrutura e dinâmica. Essa captação da essência se dá através de procedimentos analíticos que viabilizam (re)produzir o objeto no plano do pensamento, e um

dos fundamentos importantes para a compreensão da dinâmica do objeto é a sua elaboração histórica.

Tratar sobre a captação da essência do nosso objeto (representações estruturais de compostos orgânicos) significa se apropriar dele como produto do desenvolvimento histórico, e é necessário desenvolver em relação a eles uma atividade que reproduza, pela sua forma, os traços essenciais da atividade encarnada (sua necessidade histórica), acumulada no objeto (LEONTIEV, 1978b). Desse modo, cabe ao professor desenvolver no aluno a consciência de que o conteúdo também é um problema a ser resolvido, para que os sujeitos tenham a percepção da necessidade dos conceitos para a compreensão da realidade concreta que estão inseridos. O horizonte para um ensino desenvolvente está intimamente relacionado com uma prática pedagógica que consiga, durante o processo, levar os estudantes a entenderem o conhecimento como parte da sua vida real e não apenas como significações exteriores à dinâmica da realidade, como se fossem conteúdos que somente servirão para responder uma avaliação da unidade escolar. Isto é, os conteúdos precisam desempenhar um papel transformador em relação à sua psique e, conseqüentemente, sobre sua percepção do mundo ao seu entorno.

Algumas das representações estruturais dos compostos orgânicos foram tratadas, no capítulo anterior, dentro do seu movimento histórico, o que nos permitiu identificar as necessidades que levaram os cientistas a elaborarem tais signos, na tentativa de avançar na compreensão da realidade posta. E, é nesse movimento, pautado na necessidade histórica, que elaboramos o segundo princípio didático.

De acordo com Cedro e Moura (2007), compreender que os conteúdos possuem uma história ligada ao desenvolvimento social implica saber com quem se inter-relacionam, como se desenvolvem e com quem eles fazem fronteiras. Nesse sentido, um ensino pautado na história do conteúdo tem como pretensão levar o pensamento do aluno a reproduzir o processo histórico real em toda sua objetividade, complexidade e contrariedade, apreendendo, assim, em que se estrutura esse conceito e a sua dinâmica real. Desse modo, “ao estudarmos a história do desenvolvimento real do objeto, estamos criando as premissas indispensáveis para o entendimento mais profundo da sua essência, que somente se revela por meio da generalização” (CEDRO; MOURA, 2007, pp. 42-43).

Ainda assim, é preciso lembrar que a captação da realidade fenomênica na sua imediaticidade é um momento importante para se chegar à compreensão da totalidade. Os conceitos empíricos formados devem constituir uma etapa para entender os fenômenos e os

objetos, mas não devem ser o estágio final de desenvolvimento das generalizações. É preciso apontar para o pensamento dialético na formação dos conceitos teóricos, o qual vai se preocupar com a dinâmica, as contradições, as inter-relações e a totalidade da realidade concreta. A lógica dialética analisa a totalidade e não o objeto em si, na sua imediatez.

De acordo com Gouvêa (2020), o modo de sociabilidade capitalista no qual vivemos tem a intencionalidade de reproduzir um pensamento que identifique e separe elementos do fenômeno, mas que dificilmente deva “buscar compreender a realidade em sua existência material, como totalidade, investigando suas determinações imediatas e aquelas mais essenciais – que sobredeterminam as primeiras e ao mesmo tempo não existem delas separadas” (GOUVEA, 2020, p. 22).

Nesse sentido, no verdadeiro conceito (o conceito radical³⁰) há movimento do real, estudando o processo como um todo, e a historicidade do objeto perpassa por esses aspectos. São esses conceitos radicais que pretendemos ensinar aos alunos com a finalidade de proporcionar condições do desenvolvimento de um pensamento teórico.

Em termos didáticos, Messeder (2019) nos sugere que:

Trabalhar com a história do desenvolvimento dos conceitos é uma estratégia de ensino que tem como um dos objetivos mostrar ao estudante que a elaboração desses conceitos surgiu a partir da demanda social apresentada num determinado momento histórico, com base em necessidade humanas reais (MESSEDER, 2019, p. 45).

Ainda nessa perspectiva, é preciso ficar atento aos limites de se trabalhar com a história do conteúdo em sala de aula. Um desses casos pode ser a questão do limite de tempo das aulas de química. Nesse sentido, é pouco possível, em termos do limite de tempo, mas também não é desejável, em termos didáticos, que os professores façam um tratado histórico sobre a elaboração e o desenvolvimento das representações estruturais de forma detalhada nas suas aulas, apesar de compreendermos a sua importância.

Outro aspecto que merece atenção é o de que não devemos, necessariamente, ensinar sobre um determinado conteúdo a partir da reconstrução da história, por dois motivos: 1) porque nem sempre o caminho da elaboração e desenvolvimento dos conteúdos na história são os mais didáticos possíveis; 2) porque na nossa compreensão materialista histórico-dialética é o mais desenvolvido que explica o menos desenvolvido, e não o contrário.

É importante destacar que não se trata de contar uma historiografia evolutiva, ou muito menos de apontar fases sucessivas da elaboração das representações com alguns nomes dos

³⁰ Termo utilizado por Martins (2020) para diferenciar os pseudoconceitos, do pensamento empírico, dos conceitos referentes ao pensamento teórico-dialético.

cientistas. O objetivo não é contar a história das representações, mas é, a partir da história, buscar sua compreensão, o que é bastante diferente (GOUVEA, 2020).

Nessa direção, cabe ao professor apropriar-se do movimento histórico do objeto e organizar sua atividade pedagógica, levando em consideração os limites e possibilidades. Desse modo, defendemos aqui uma prática de ensino que esteja alinhada com as necessidades históricas que levaram homens e mulheres, os quais se envolviam com a química, na empreitada da criação desse conjunto de símbolos.

Como vimos anteriormente, em toda atividade, para que se possa ser concretizada, é necessário um motivo que leve os indivíduos à ação. Assim, colocar o motivo pelo qual a humanidade se mobilizou para criar signos, os quais pudessem intermediar os entes macro e submicroscópicos da realidade na sala de aula, é desmistificar uma ciência concebida como revelação aos grandes nomes taxados como gênios. É mostrar para os alunos que a ciência se desenvolve a partir de contradições, de embates de ideias, de problemas, de necessidades que seres humanos reais encontravam na sua prática social. Deixar evidente essas necessidades históricas pode levar o aluno a desenvolver suas próprias necessidades, sua própria relação afetivo-cognitiva com a aprendizagem de um conteúdo, o que será importante para captar a essência dos objetos na empreitada de compreender a realidade para além da aparência. Esse modo de enxergar a realidade, através de um pensamento teórico, para além da sua superficialidade, é fulcral para que o indivíduo tenha as ferramentas necessárias à libertação da sua condição de explorado.

É importante salientar que, para o professor, faz-se necessário ter o conhecimento de totalidade da história dos processos de elaboração e desenvolvimento das representações estruturais, pois é a partir desse todo que será possível criar e organizar um planejamento de aula que procure as problemáticas e as necessidades que levaram os seres humanos na formulação dessas representações. Quem ensina precisa dominar os sistemas conceituais do objeto que se pretende ensinar nas suas diversas determinações. Isso porque é nesse domínio que o professor será capaz de chegar ao ponto no qual o aluno se encontra, em termos de conhecimento do objeto, para conduzi-lo até à apropriação dos conceitos radicais.

Sobre as necessidades históricas, elas podem ser as mesmas que apareceram para os cientistas da época ou podem ser recriadas pelos professores como uma espécie de *história virtual* que, ao mesmo tempo, mantenha a essência da necessidade, mas que seja recriada a partir de outro contexto ou de outros exemplares (MOURA, LANNER DE MOURA, 1998).

A história virtual, portanto, se trata de uma estratégia didática que põe em prática os seguintes pressupostos:

[...] trata-se de uma situação-problema que contempla a essência dos conceitos, mostra como e por quais motivos a humanidade elaborou tais conceitos, dando a oportunidade aos estudantes de entender que o conhecimento vai se desenvolvendo à medida em que os seres humanos precisam responder a novas necessidades. Sendo assim, fica mais fácil de compreender que se trata de uma construção humana, que os conceitos dependem do momento histórico e das múltiplas determinações que os levaram àquelas sínteses (MESSEDER, 2019, p. 46).

Fazer uso desse tipo de recurso em aulas de química deixa evidente as influências culturais e sociais dos conceitos, pois os sujeitos elaboram soluções para suas problemáticas a partir das suas necessidades objetivas, segundo suas necessidades reais e coletivas situadas em um momento histórico. Nessa perspectiva, faz-se necessário mostrar que o conceito não é revelado aos seres humanos misticamente, muito menos “salta aos olhos” a partir da mera observação, mas que ele depende do momento histórico pelo qual a humanidade estará passando, intimamente interconectado com as necessidades objetivas daqueles homens e mulheres. Por isso, envolver os estudantes nesse tipo de situação é importante para uma compreensão de totalidade.

Trabalhar com a história virtual permite ao professor elaborar narrativas que contam com situações-problemas nas quais os alunos devem se colocar no lugar daqueles que pretenderam resolvê-la. As histórias virtuais não pretendem reproduzir a história nos seus mínimos detalhes, mas recontá-las a partir de narrativas que mantenham como núcleo essencial as necessidades e os motivos que levaram os seres humanos na elaboração do conteúdo em questão. Portanto, fazer uso de narrativas que tragam discussões acerca das necessidades históricas que envolvem o conceito a ser trabalhado pelo professor, pode gerar um avanço nos processos de ensino e aprendizagem, uma vez que a abordagem não recairia na problemática do curto tempo das aulas quando se pretende contar a história. Assim como, também, não ficaria apenas nos exemplares que compõem o conteúdo, pois estaria promovendo um enriquecimento no acervo do pensamento do estudante, aumentando-o em determinações. Além de proporcionar o desenvolvimento ao indivíduo da necessidade da atividade de estudo, a partir das necessidades históricas que serão recolocadas nas aulas como indispensáveis para a compreensão da realidade concreta. Compreensão essa que visa uma ação consciente nessa realidade a fim de transformá-la.

Dotados da compreensão de que as elaborações do conteúdo em questão perpassam pelo entendimento do movimento histórico, pelos motivos e pelos objetivos de responder às

questões que surgiam à humanidade, podemos pensar em algumas formulações que podem nos conduzir às necessidades históricas de elaboração das representações estruturais que tratamos no capítulo anterior: qual a necessidade de se pensar em uma relação entre os fenômenos observáveis com uma distribuição espacial dos átomos em uma molécula? Qual a necessidade de se pensar em estruturas cíclicas? Qual a necessidade de deixar os símbolos de alguns elementos implícitos em algumas formas de representação? Qual a necessidade de representar estruturas em três dimensões levando em consideração a posição das ligações no espaço? Qual a necessidade de um carbono tetraédrico e não planar? Qual a necessidade de formular diferentes projeções para um mesmo composto químico? É importante deixar claro que as necessidades são coletivas, mesmo as que se manifestam a partir de um indivíduo, pois elas ganham sentido coletivamente. As necessidades são fundamentos para que a humanidade tome, como um problema a ser solucionado, as questões objetivas que ainda não possuem resoluções e apontem para a elaboração do novo (SAVIANI, 1996).

Para todas as questões anteriores, e outras que possam surgir, há uma resposta histórica que mobilizou os cientistas nesta busca. Sempre há um motivo pelo qual nos colocamos em atividade e é nesse motivo que fundamentamos o presente princípio. O professor precisa encontrar os motivos, as necessidades que sejam coerentes com a elaboração da representação que deseja ensinar, para que possa colocar o aluno em atividade. Por isso a importância dos professores terem pleno domínio do conteúdo a ser ensinado aos alunos nas suas variadas determinações.

É importante deixar claro que, em certa medida, a defesa da presença da história dos conteúdos nas aulas de química não é novidade (CHASSOT, 1995; NAVARRO; FÉLIX; MILARÉ, 2015; OKI; MORADILLO, 2008). Entretanto, embora essa defesa apareça, esse trabalho se coloca no sentido de não defender qualquer história, mas uma história que aponte para as necessidades. Por isso, trazemos o movimento da história para a particularidade e pensamos o ensino das representações estruturais dos compostos orgânicos, levando em consideração sua dinâmica na totalidade, focando em suas necessidades e tornando-o didático a partir do referencial da PHC.

Como já evidenciado anteriormente, não queremos aqui fazer uma análise refinada de livros didáticos, pois não é o objeto deste trabalho. Porém, em nossa pesquisa, encontramos que é comum em alguns deles, como o de Fonseca (2016), Mortimer e Machado (2013), Antunes (2013) e Santos e Mol (2013), iniciar o estudo das representações estruturais dos compostos orgânicos a partir da concepção de átomos que possuem elétrons distribuídos em

níveis energéticos na sua estrutura, e que a tetravalência do carbono é devido à presença dos quatro elétrons da sua camada mais externa, ou seja, o carbono compartilha os seus quatro elétrons de valência (elétrons da camada eletrônica mais externa, os que possuem maiores níveis energéticos) para realizar ligações covalentes e formar moléculas. Juntamente a isso, os trabalhos apresentam postulados, atribuídos à Kekulé, de que: a) o carbono é tetravalente; b) as quatro ligações são iguais em comprimento e energia e distribuídas apontando para os vértices de um tetraedro; c) o carbono é capaz de se ligar entre si para formar cadeias.

Nesse sentido, observamos que há uma relação entre os aspectos de uma concepção atômica mais próxima do modelo de Bohr, o qual envolve elétrons distribuídos em níveis energéticos, ao mesmo tempo em que apresenta ideias de Kekulé, quando a concepção de átomo de Dalton ainda estava começando a ser aceita pelos químicos da época. Essas relações aparecem em alguns dos livros sem nenhuma ressalva.

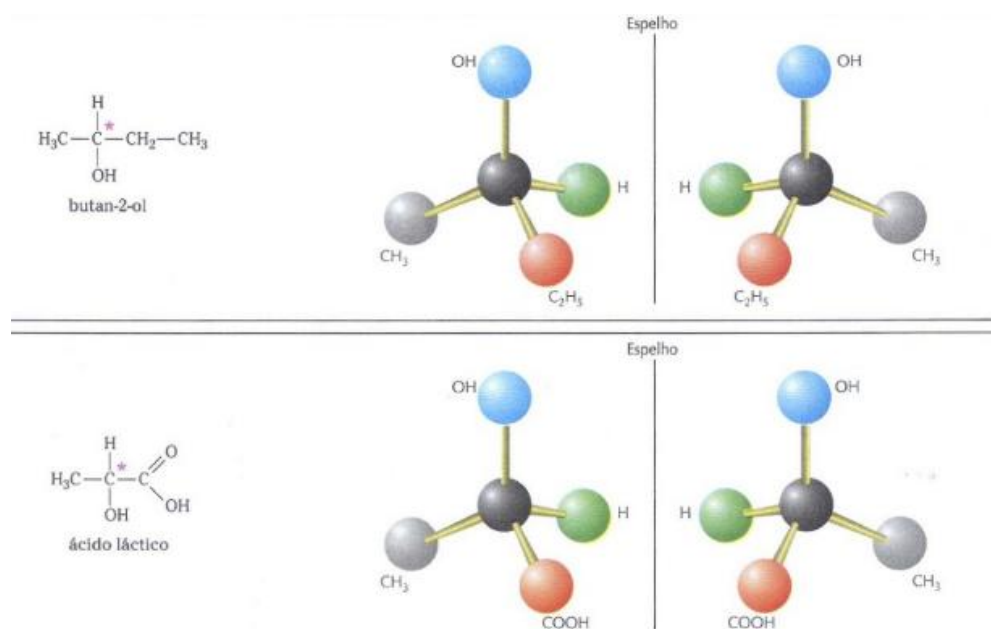
É importante deixar claro que não vemos nenhum problema em ensinar as representações a partir de concepções atômicas e de ligações mais elaboradas. Entretanto, devemos esclarecer em nossas aulas que as questões de representações estruturais foram elaboradas a partir de outra base teórica sobre a matéria, mostrando seu movimento real e suas contradições, inclusive para poder apontar as limitações que culminaram nas novas formulações teóricas de base eletrônica. Além disso, trabalhar com uma ou com outra teoria de constituição da matéria é válido, desde que a escolhida dê conta de explicar o fenômeno em estudo e que a mais elaborada esteja como guarda-chuva das mais simples. Portanto, é preciso que o professor atente aos alunos sobre qual base teórica de constituição da matéria ele está ensinando determinado conteúdo, e, também, os alerte quando houver transição entre elas. Pois, o que irá determinar qual a melhor a ser usada será a necessidade de explicação daquele conteúdo, daquela problemática, daquele fenômeno percebido, daquela realidade posta.

Seguindo para outro aspecto que observamos nos livros didáticos, é a de que as representações estruturais, desde o início, ora aparecem em geometria plana, ora aparecem na forma tetraédrica em perspectiva tridimensional, sem que haja um cuidado e um alerta sobre essa transição, deixando implícito e tácito que o aluno seja capaz de realizar essa transição por si só e que isso não vá gerar uma confusão no seu entendimento.

Nesse sentido, introduzimos uma questão que pode exemplificar este princípio didático aqui discutido: afinal, qual a necessidade da estrutura do carbono ser tetraédrica e não planar?

O que percebemos pelo movimento histórico de elaboração, desenvolvimento e consolidação das ideias sobre as representações estruturais que foram tratadas no capítulo anterior, é a de que a geometria tetraédrica para o carbono surgiu a partir da necessidade de justificar a atividade óptica que algumas soluções de compostos orgânicos apresentavam. A ideia era: quando quatro átomos ou grupos diferentes estivessem ligados ao carbono, este adquiriria uma assimetria se essas ligações estivessem apontadas para os vértices de um tetraedro, o que não acontecia em uma estrutura planar. Essa assimetria, então, permitia que os grupos distintos ligados ao carbono pudessem ser arranjados de dois modos diferentes, sendo um modo a imagem do outro no espelho (Figura 24).

Figura 24 - Carbonos assimétricos do butan-2-ol e do ácido láctico



Fonte: Vilella, 2011.

Essas formulações surgiram a partir da necessidade de se explicar os fenômenos ópticos perceptíveis, de modo que permanecessem coerentes com o número de isômeros observáveis, tendo uma relação entre os aspectos macroscópicos e submicroscópicos, como uma unidade de contrários. Foi nesse sentido que os químicos da época rejeitaram as fórmulas planares para o átomo, pois estas eram simétricas e não teriam efeito nenhum na luz polarizada, e também por que prediziam um número maior de isômeros do que o observado.

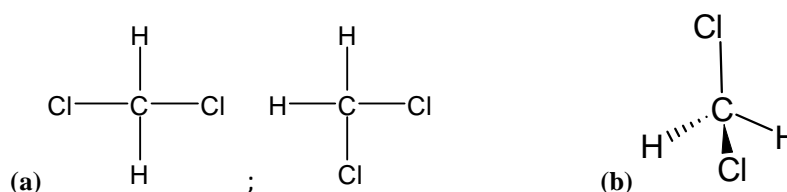
O professor, em sua prática de ensino, pode recontar essas necessidades históricas, apontando os limites das estruturas planares e apontando para novas formulações que estejam

coerentes com a realidade fenomênica, mantendo uma relação de unidade entre os dois diferentes níveis da realidade e do conhecimento químico. Deixar explícito as necessidades históricas proporciona conduzir os estudantes na busca de motivos para a apropriação dos conteúdos e colocá-los em atividade.

É importante, então, salientar que o professor não precisa ficar preso à situação histórica, à necessidade histórica real, mas que tem a possibilidade de recriar a história como uma espécie de história virtual, para que sejam apresentadas necessidades que possam colocar os estudantes em atividade também.

Podemos colocar aqui um exemplo. Em uma aula sobre solubilidade, o professor pode colocar a necessidade de justificar os dados fenomênicos do diclorometano (CH_2Cl_2) em água, por exemplo. Dito isso, os estudantes precisam fazê-lo a partir da constituição estrutural dessa molécula, para poderem compreender como se dá o momento de dipolo dela e, então, tomarem uma decisão. Se os alunos caminharem para a construção de uma representação estrutural planar, observaremos que há duas possibilidades distintas, configurando-se como isômeros (Figura 25a). Já se seguirem na direção de construir representações tetraédricas, haverá apenas uma possibilidade. E então, o diclorometano possui isômeros ou não? Levando-os a pesquisar sobre, os alunos perceberão que não é observado caso de isomeria para essa substância, o que já seria o primeiro ponto para se descartar a estrutura planar (Figura 25b).

Figura 25 - a) duas possibilidades para o diclorometano planar; b) única possibilidade para o diclorometano tetraédrico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Outro aspecto para se comparar parte do entendimento de dados do momento de dipolo do diclorometano, este não sendo compatível com uma estrutura planar, como na Figura 25a acima, pois as ligações dispostas em posições contrárias iriam anular os dipolos elétricos da molécula, tornando-a menos solúvel em água do que os dados percebidos.

Perceba que essa situação gera uma necessidade que não é a historicamente real, mas que está de acordo com o núcleo dela, entretanto, recriada em uma forma de história virtual. O

professor pode, em seu ato de ensinar, criar situações que dão significado às necessidades históricas sem precisar contá-las. E essa é a nossa defesa para este princípio didático.

É importante lembrar que o professor pode enriquecer as determinações, apontando novas propriedades das substâncias, novos conteúdos, novos fenômenos da realidade que necessitam de uma justificativa e que dependam de uma concepção de um carbono tetraédrico ao invés dele na forma planar. Assim como, também, é importante esclarecer que não estamos impondo que as representações estruturais só sejam feitas na forma tetraédrica, mas que quando a forma planar for a mais viável para uma determinada situação de ensino, é necessário atentar ao aluno que a disposição dos átomos não está realmente organizada desta forma.

Chamamos a atenção para o fato de que os exemplos dados acima não se configuram como uma receita do que fazer, por parte dos professores. Cada professor, dotado do entendimento sobre o movimento histórico das representações dos compostos orgânicos, tem liberdade para organizar sua atividade pedagógica, selecionando e recriando as necessidades históricas a partir do conteúdo que pretende ensinar. Esse caminho para o ensino é o qual consideramos mais próximo de colocar o estudante em atividade, criando os motivos para a apropriação dos conteúdos e conduzindo-o ao pensamento que capte a realidade no seu movimento, nas suas contradições, nas suas variadas determinações, na sua essência, na sua concreticidade.

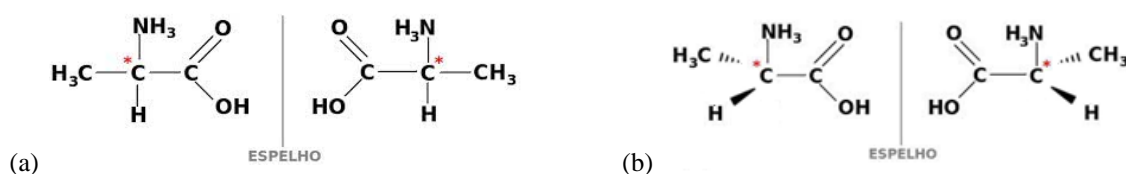
5.3 A MULTIPLICIDADE DAS REPRESENTAÇÕES E SUAS TRANSIÇÕES CONSCIENTES

No capítulo anterior, pudemos perceber a variedade de tipos de representações estruturais que foram criadas pelos cientistas ao longo da história. Todas elas foram elaborações que tentaram estabelecer uma relação entre os aspectos macroscópicos e submicroscópicos da realidade. No entanto, à primeira vista, formular diferentes formas de representações para um mesmo objeto parece-nos um gasto de energia desnecessário para a humanidade, caso uma representação pudesse dar conta de explicar a realidade. Assim sendo, não haveria a necessidade de perder tempo elaborando outras formas de representações. Porém, as novas necessidades que foram sendo colocadas para os indivíduos que se envolviam com a química moveram os esforços para a compreensão dos fenômenos na direção dessas novas formulações simbólicas.

É importante reforçar que nenhum tipo de representação das estruturas carrega a completude do ente químico representado, mas possui os traços essenciais necessários para explicar um determinado conjunto de fenômenos químicos, o que caracteriza o processo de simbolização. As representações estruturais são objetivações da imagem subjetiva que os cientistas elaboraram a partir da dinâmica com a realidade, a partir da apropriação fenomênica e indo em direção à captação da essência. Nesse sentido, estabeleceu-se uma relação de unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade. Desse modo, as representações do real nunca serão absolutas e, por isso, comportam distorções e limitações (MARTINS, 2020).

À medida que diferentes fenômenos foram sendo percebidos, novas determinações iam sendo colocadas, novas necessidades iam surgindo, requerendo diferentes modos de representação estrutural para explicá-los. Nesse sentido, podemos afirmar que, dependendo da necessidade de compreensão do fenômeno, utilizaremos de diferentes modos de representações. Podemos citar a relação entre uma estrutura em duas dimensões e outra em três dimensões (ou em perspectiva quando grafada no papel), como exemplo (Figura 26).

Figura 26 - (a) representações da imagem no espelho da alanina (ácido 2-amino-propanoico) em 2D; (b) representação da imagem no espelho do mesmo composto em perspectiva 3D



Fonte: Adaptados de Isomeria..., 2019

Nas figuras acima, percebe-se que na representação da alanina há um centro estereogênico, isto é, existe um carbono que está ligado a quatro grupos diferentes (o carbono que representa o centro estereogênico está marcado com um asterisco na figura). Como sabemos, o carbono quiral possibilita duas formações estruturais distintas quando as disposições das suas ligações no espaço estão orientadas para um vértice de tetraedro, as quais são uma a imagem da outra no espelho. No entanto, quando representamos essa estrutura em duas dimensões (Figura 26a), o que percebemos é que se trata da mesma representação estrutural, porém rotacionada em 180°. Essa rotação faz com que uma estrutura seja capaz de se sobrepor na outra, evidenciando que são idênticas. Isso significa que as representações em

duas dimensões possuem, dentre outros, o limite de não proporcionar a visualização dos isômeros ópticos.

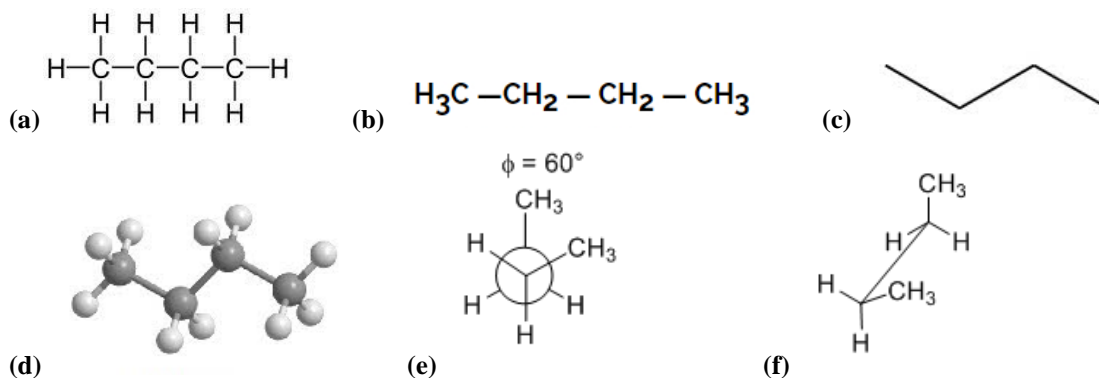
Se fizermos esse mesmo processo de rotação com as representações da Figura 26b, percebemos que elas não coincidem, visto que as ligações em perspectiva tridimensional que estão para frente do plano irão para trás dele, assim como aquelas que estão para trás virarão para frente do plano. Isso implica dizer que são duas estruturas distintas, pois não são sobreponíveis. Essa percepção está intimamente ligada aos fenômenos que revelam dois isômeros para a alanina.

É importante destacar, que o exemplo acima não serve para refutar a utilização das representações em 2D, mas para evidenciar que a melhor opção de representação a se utilizar irá depender do objeto em estudo e sua dinâmica. Cabe ao professor, então, deixar claro para os estudantes essas questões e promover um ensino enriquecido de formas de representação. Além disso, é preciso ter atenção nas transições entre essas diferentes formas de representação, para que o aluno não pense equivocadamente que se trata de diferentes entes.

Um ponto que não pode passar despercebido na nossa discussão é o fato de que, para o indivíduo que está aprendendo sobre a representação estrutural, é uma questão crucial perceber o que é diferente e o que é idêntico, tanto na relação entre a representação e o ente químico representado quanto na relação entre diferentes formas de representações para o mesmo ente. A princípio, pode nos parecer óbvio, mas não o é para aqueles que estão iniciando o estudo da representação estrutural. Como já discutimos no capítulo anterior, o signo é um construto cultural e histórico, por isso aprendê-lo não é algo tácito, muito menos natural. Todos os símbolos e significados que fazem parte do arcabouço do significado do signo devem ser detalhados e esclarecidos para que não haja equívoco na compreensão.

O exemplo abaixo irá mostrar, entre outras formas possíveis, algumas das diferentes formas de representar a estrutura molecular do butano (Figura 27).

Figura 27- (a) representação simples; (b) representação condensada; (c) representação em linhas; (d) representação tridimensional; (e) representação em projeção de Newman; (f) representação cavalete



Fonte: (a), (b) e (c) Elaborada pelo autor; (d) Butano, 2019; (e) e (f) Adaptado de Aguillon, 2015.

Cada uma das figuras acima demonstra uma possibilidade de se representar a estrutura da molécula de butano, de modo que o melhor tipo de representação ficará subjugado à necessidade de compreensão do fenômeno. O papel essencial do professor na sua prática é colocar o aluno frente às diferentes formas de representação, mas não necessariamente todas possíveis, mostrando que, para cada uma delas, existem limites e potencialidades de compreender determinados fenômenos. E que há uma necessidade histórica por trás da formulação dessas diferentes formas de representar um certo ente químico.

Além disso, saber transitar entre um tipo e outro de representação é crucial para o caminho de desenvolvimento do pensamento químico que almejamos proporcionar ao aluno. Para nós, professores, parece-nos óbvia a relação entre essas diferentes representações, mas para o estudante que está iniciando, esse conjunto de símbolos se apresenta de forma confusa, e é papel do docente propiciar a organização do pensamento do indivíduo, conduzindo-o para a compreensão dessa transição representacional. Ou seja, a transição precisa adquirir um caráter consciente.

Em um primeiro contato com alguma das formas de representação estrutural, o professor conduz o estudante a pensar na relação de unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos, a partir de necessidades que promovam a criação de motivos para a atividade de estudo desse conteúdo. Entretanto, apropriar-se de uma representação dotada de significado, em primeira instância, é apenas o começo do processo de generalização simbólica que o conceito sobre as estruturas dos compostos carrega.

Avançar para a compreensão da relação e saber transitar entre os diferentes modos de representação são cruciais para que a generalização do conceito vá adquirindo níveis cada vez

mais desenvolvidos. Desse modo, o significado das estruturas vai se libertando de um único exemplar e o pensamento do estudante passa a tratar como se as diferentes representações fossem sinônimas de uma mesma palavra usada em contextos distintos.

Neste sentido, Vigotski (2009) nos diz que o significado não é estático, é uma complexa unidade capaz de condensar uma série de explicações, de concepções e de compreensões da realidade. Quando, então, simbolizamos a estrutura dos compostos através das representações, estamos dando a complexa possibilidade de analisar e reagir àquela realidade. O significado, sobretudo, é uma generalização. São explicações socialmente constituídas de um determinado fenômeno e que são a síntese de aspectos da realidade numa unidade. E que, justamente, por carregar uma série de relações e implicações, é também um ato do pensamento. Os significados, então, são conceitos, sínteses de múltiplas relações presentes em um determinado aspecto da realidade, os quais são materializados na forma de um signo (VIGOTSKI, 2009).

Operar com os significados liberta o pensamento da imediatividade, desgarrando a compreensão da realidade da aparência, possibilita analisar a realidade para além das nossas percepções. Nesse sentido, se apropriar das diferentes formas de representar o ente químico possibilita organizar o pensamento, analisar e agir na realidade através dos significados que esses signos carregam, pois enriquece a generalização que os próprios significados representam e os desenvolve.

Como já salientado, não basta só se apropriar das diferentes formas de representação, é preciso atentar para a sua transição consciente. Nesse sentido, o professor precisa auxiliar e ensinar o aluno nessa transição, pois não é algo tácito para quem não é iniciado em química. Tomemos como exemplo a transição entre a representação simples (Figura 27a), para a representação em linhas (Figura 27c). A necessidade de representar em linhas surgiu para que se pudesse poupar espaço e tempo quando estruturas moleculares são muito extensas. Nesse sentido, os cientistas propuseram deixar implícitos os átomos de carbono e hidrogênio, pois são os mais presentes e característicos dos compostos orgânicos. Desse modo, aponta-se para o butano: 1) em cada vértice e em cada ponta há a presença de um átomo de carbono; 2) cada linha representa uma ligação simples entre os átomos de carbono; 3) em cada carbono completa-se sua tetravalência com os átomos de hidrogênio. Tornar explícito aquilo que está implícito na representação de linhas (Figura 27c) e comparar com a representação simples (Figura 27a) é um caminho possível para que o professor vá mostrando os pontos que devem receber a maior atenção dos alunos nessa transição.

Outro exemplo é transitar entre a forma de representação simples (Figura 27a) e a forma de representação na projeção de Newman (Figura 27e). As projeções de Newman foram elaboradas a partir da necessidade de analisar as diferentes energias conformacionais que as moléculas adquiriam quando as ligações simples entre carbonos eram rotacionadas em torno do seu próprio eixo. Essas representações mostram o que um observador veria se olhasse para a molécula no sentido de uma das ligações carbono-carbono. Essa ligação é representada por um círculo central e os ligantes dos dois carbonos da ligação considerada ficam ao redor, sendo que os ligantes do carbono mais próximo do observador têm as linhas até o centro do círculo, enquanto os ligantes do carbono de trás têm as linhas apenas até as extremidades do círculo. Na Figura 27e, observamos a projeção de Newman através da ligação entre o segundo e o terceiro carbono da molécula de butano representada. É preciso atentar que um dos ligantes do carbono 2 e 3 foi condensado para a forma (CH₃) na transição.

Esse movimento de transitar entre as representações precisa ser ensinado aos alunos para que as representações ganhem cada vez mais um caráter de generalização. Para que a representação não fique parecendo uma cópia do ente químico, pois sabemos que nenhuma representação poderá carregar a completude do ente representado, além de mostrar que as necessidades determinam novas elaborações. O professor precisa transformar a compreensão sobre as representações estruturais da relação com um exemplar para a generalização, tornando-o signo, tornando-o conceito.

Alguns livros didáticos costumam trabalhar com apenas alguns tipos de representação, e não salientam a necessidade de mudar, não mostram a relação entre as diferentes representações, nem estabelecem uma relação explícita dos pontos que se deve atentar para que se possa promover essa transição. Deixam implícitos aspectos que deveriam ser explicitados, pois não são tácitos. A simbolização e a transição de representações requer um trabalho pedagógico intencional e organizado para que, a partir da sua apropriação, o pensamento do aluno possa operar com as significações em diferentes contextos, dadas as suas necessidades de explicação da realidade.

Para além das diferentes formas de representações que colocamos acima, também vale abordar a importância de se representar em diferentes suportes (papel, modelos físicos do tipo bola-vareta, gestos, animações visuais, softwares, massa de modelar, pinturas etc). Quanto mais enriquecida for a experiência do estudante, frente a essas representações, maior a possibilidade do conceito se desenvolver no seu pensamento, disponibilizando ferramentas de

abstrações que poderão proporcionar uma transformação psíquica no indivíduo e, possivelmente, proporcionar níveis de generalização cada vez mais avançados.

É relevante salientar que o desenho grafado no quadro ou no caderno, um modelo físico ou de softwares forma uma imagem no pensamento que não necessariamente ganha a potencialidade da representação como uma generalização dotada de significado. Nesse sentido, apesar de defendermos o ensino da variedade de representações e em diferentes suportes, é necessário se estabelecer relações cognoscíveis entre este desenho ou modelo com o ente que faz referência, a unidade substância-molécula. Essa relação deve ser explicitada e ensinada, pois é essa unidade que carrega as características macroscópicas e submicroscópicas.

Um aspecto importante que devemos levar em consideração é que a apropriação dos diversos signos pode possibilitar o desenvolvimento do pensamento. Entretanto, devemos atentar para o fato de que: 1) nem sempre a apropriação dos conteúdos promove desenvolvimento, pois isto requer uma revolução no pensamento que depende de multideterminações; 2) o desenvolvimento não é escada, de modo que ao subir um degrau deixa-se outro para trás. Os diferentes modos de pensamento, característicos por serem sincréticos ou sintéticos, coexistem no mesmo indivíduo. Isto é, o sincretismo sempre vai existir, pois o ser humano nunca dará conta de sintetizar a totalidade do gênero humano. Entretanto, o alcance já atingido nos move para combater esse sincretismo ainda existente.

Esses três princípios que foram tratados aqui não devem ser trabalhados de forma isolada pelo professor e nem em cada aula, mas de modo articulado e interpostos na atividade de ensino. Aqui só foram abstrativamente separados, por uma questão de análise da pesquisa. Além disso, eles não precisam ser trabalhados em todas as aulas, mas como instrumento de pensamento para organizar o trabalho educativo. O que quisemos deixar de contribuição para os professores foi mais para que eles pensem na organização da sua prática de ensino, e não em uma receita do que fazer em cada aula.

É importante reforçar, também, que esses princípios precisam ser articulados com os princípios da didática geral, pois fazem parte de uma grande estrutura da prática pedagógica do professor de química, na perspectiva da pedagogia histórico-crítica. Por exemplo, um dos fundamentos da didática geral é levar em consideração *os percursos lógico-metodológicos contraditórios e inversos entre ensino e aprendizagem*, com a possibilidade de articular com os princípios específicos do conteúdo elaborados nesse capítulo. Perceba que na perspectiva da PHC, se quisermos um ensino desenvolvente a partir da *multiplicidade das representações*

e suas transições conscientes, da representação estrutural dos compostos orgânicos como unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos e da necessidade histórica das representações, precisamos levar em consideração, dentre outros, um fundamento que toma o processo de ensino e aprendizagem como contraditórios e que possuem caminhos inversos. O professor, como detentor do conhecimento, traça um caminho descendente (da síntese à síncrese) para partir do ponto em que o aluno se encontra e proporcionar os instrumentos necessários para organizar a elaboração em direção à síntese, à compreensão concreta da realidade. Em contrapartida, o aluno traça um caminho ascendente em relação à compreensão do conteúdo em estudo (da síncrese à síntese), conduzido pelos ensinamentos do professor.

Compreendemos que esses princípios se fundamentam através da prática docente, por meio da atividade de ensino, responsabilizando-se social e politicamente com a educação, e que é levando à mobilização dos alunos para a atividade de estudo na sua concreticidade que proporcionaremos um desenvolvimento das funções superiores como um todo engendrado, conduzindo o pensamento do sujeito da síncrese à síntese, ou seja, à catarse. Ainda assim, defendemos a ideia de que parar nos conceitos empíricos não desenvolve um pensamento materialista dialético, o qual apontará para a captação da essência da realidade e para um novo projeto de sociedade. É necessário um pensamento de totalidade que capte o que a coisa é, como chegou a ser e como poderá ser.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alcançado o objetivo deste trabalho, cuja intenção foi a de sistematização de princípios didáticos gerais norteadores do ensino de representações estruturais dos compostos orgânicos, pudemos propor elementos essenciais para o professor pensar o seu trabalho pedagógico. Todo o caminho percorrido na pesquisa, desde o estudo dos referenciais e do levantamento teórico da problemática, passando pela apreensão histórica das representações e o seu desdobramento no ensino de química, até chegar à formulação dos princípios, foram fundamentais para que objetivo fosse alcançado.

O campo de pesquisa sobre ensino de ciências nos revelou que um dos aspectos dos debates para a superação dos índices alarmantes da proficiência científica centrava suas discussões no que tange à linguagem. Não desarticulada dessa realidade, a química se encontra como parte das ciências, ao mesmo tempo em que possui suas especificidades. Nesse sentido, afunilando o nosso olhar para o ensino da subárea da química orgânica e sua linguagem, focamos o nosso trabalho em um aspecto para dar conta em uma pesquisa: as representações estruturais.

O levantamento teórico mostrou que a área carecia de estudos que articulassem o conteúdo das representações com a formulação de elementos didáticos que auxiliassem o professor a pensar sua prática com referenciais que fossem alinhados com a superação da sociedade de classes. Isso, então, nos moveu à pesquisa tomando como base o materialismo histórico-dialético, a pedagogia histórico-crítica e a psicologia histórico-cultural.

A apreensão histórica das representações nos levou a compreender como sua dinâmica de elaboração foi se constituindo ao longo do tempo, dotadas de contradições, fruto de múltiplas determinações, feitas por seres humanos reais que se envolviam com o debate científico da época. As necessidades históricas de resolver as problemáticas que apareciam para os cientistas nos mostraram como a construção das representações estruturais foi importante para a compreensão da realidade, a partir da unidade entre o mundo macroscópico fenomênico e o mundo submicroscópico, por meio desses signos.

O desdobramento desses aspectos para o ensino de química nos levou a pensar em outra possibilidade de compreensão e articulação entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos da realidade, diferentemente da concepção hegemônica baseada no triângulo de Johnstone.

Diante disso tudo, e percebendo a necessidade social de construtos teóricos que possibilitassem aos professores terem uma orientação de como ensinar sobre o conteúdo das representações estruturais, a partir de fundamentos filosóficos, pedagógicos e psicológicos revolucionários, chegamos às seguintes principais formulações de princípios didáticos: 1) *O ensino da representação estrutural dos compostos orgânicos como unidade entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos*; 2) *A necessidade histórica das representações*; 3) *multiplicidade das representações e suas transições conscientes*.

A nossa defesa é a de que essas formulações se configurem como a base primeira para orientar a prática de ensino quando os professores forem ensinar o conteúdo de representações estruturais. Sem esquecer, é claro, da macroestrutura que condiciona e é condicionada pela educação escolar. Assim como os sujeitos que compõem o espaço escolar (professores, alunos, gestores, auxiliares e entre outros) são sujeitos concretos, situados histórico e geograficamente, possuindo classe, raça e gênero.

É importante lembrar que esses princípios não são rígidos e estáticos, ou seja, a prática pedagógica pode apontar para outros princípios, para a invalidade desses ou para a sua reformulação. Nesse sentido, apontamos que este trabalho não se esgota por si mesmo, pois, por se tratar de um trabalho teórico, apesar de ter a sua relevância, carece de estudos empíricos que podem sustentar, modificar ou refutar as formulações. Desse modo, as elaborações de princípios didáticos que aqui foram feitas se tornarão cada vez mais concretas quando as determinações da especificidade do processo de ensino também contribuirão nessa relação singular-particular-universal.

Outro ponto que não podemos deixar passar despercebido é que, apesar de não ser o objetivo dessa pesquisa, contribuições da semiótica podem ser relevantes para ampliar o trabalho, no que diz respeito à compreensão da realidade de ensino. A dinâmica do processo de ensino e aprendizagem ocorre com aspectos discursivos que fogem à nossa percepção aparente, o que aponta para aquilo que é dito e não dito, para a natureza e intencionalidade dos enunciados que nos cercam. No entanto, a semiótica, sem uma base teórico-filosófica alinhada com os fundamentos revolucionários, pode nos levar à reprodução de discursos que propagam o modo de sociabilidade capitalista. Por isso, apontamos que trabalhos futuros, referenciados em Bakhtin a partir de uma leitura marxista, podem contribuir para o aprofundamento dos estudos da semiótica de forma coerente com a base materialista histórico-dialética.

Em termos pessoais, como sujeito pesquisador, este trabalho possuiu um caráter formativo e se caracterizou por uma profunda transformação na compreensão do mundo a partir de fundamentos materialista histórico-dialéticos. Além de contribuir, de fato, com a compreensão da função social da educação, buscando sempre produzir e reproduzir a humanização em sua plenitude. Assim como também, despertar uma nova compreensão sobre o processo de ensino das representações dos compostos orgânicos, para além de aspectos superficiais ou de perspectivas hegemônicas.

Espero que, assim como para mim (pesquisador, autor e professor da educação básica), este trabalho de pesquisa possa contribuir para a reflexão e orientação da prática pedagógica de professoras e professores de química que ousam ensinar a partir de fundamentos revolucionários. Que esses princípios possam contribuir para um ensino pautado na humanização plena do sujeito e para desenvolver o pensamento teórico, capaz de desvelar a essência dos objetos/fenômenos da realidade. Isso tudo, a fim de apontar suas contradições na natureza e na sociedade com o horizonte de construir uma nova sociabilidade com princípios coletivos e humanizadores.

REFERÊNCIAS

- AGUILLON, A. Confómeros da molécula de butano em projeção de Newman e cavalete. **Wikipédia**, 2015. Disponível em: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Conf%C3%B3meros_da_molecula_de_butano.png. Acesso em: 07 set. 2020.
- AL-BALUSHI, S.M. The effect of different textual narrations on students' explanations at the submicroscopic level in chemistry. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 9, n. 1, p. 3-10, 2013.
- ALMEIDA, E. G. *et al.* 'Química Orgânica em jogo': uma proposta de intervenção lúdica no ensino da química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. p. 1-10. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1712-1.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Apresentação. In: GALIETA, T.; GIRALDI, P. M. **Linguagens e Discursos na Educação em Ciências**. Rio: Editora Multifoco, 2014.
- ANDRADE NETO, A. S.; RAUPP, D.; MOREIRA, M. A. A evolução histórica da linguagem representacional química: uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2009. p. 1-12. Disponível em: fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vii-enpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/528.pdf. Acesso em: 17 jul. 2019.
- ANTUNES, M. T. (ed.). **Ser protagonista: química**. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013. 3 v. (Volume 3). Ensino Médio.
- ARAÚJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Química Nova na Escola**, [S.L], v. 1, n. 7, p. 13-24, dez. 2007.
- ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no Ensino Superior de Química**. 2009. 228 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ARAÚJO NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 719-738, Nov. 2012.
- ARAÚJO NETO, W. N. Estrutura e sua representação na química orgânica: contextos da prática docente no ensino superior. In: LOPES, J. G. S.; MASSI, L. (org.). **Aprendizagens da docência no Ensino Superior: desafios e perspectivas da educação em ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. Cap. 5. p. 127-139.
- ASBAHR, F. S. F. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. **Revista Brasileira de Educação**, [S.L.], n. 29, p. 108-118, ago. 2005.

BAGATIN, O. *et al.* A rotação de luz polarizada por moléculas quirais: uma abordagem histórica com propostas de trabalho em sala de aula. **Química Nova na Escola**, [S.L], v. 21, n. 1, p. 34-38, maio 2005.

BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. 11. ed. São Paulo: Hucitec, 2004. Tradução de Michel Lahud e Yara Frateschi Vieira.

BELTRAN, M. H. R. O tetraedro de Van' t Hoff: algumas considerações sobre o papel dos modelos na história da química e no ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. São Paulo: Abrapec, 2013. p. 1-8. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0429-1.pdf. Acesso em: 04 abr. 2020.

BERNARDES, M. E. M. O Método de Investigação na Psicologia Histórico-Cultural e a Pesquisa sobre o Psiquismo Humano. **Psicologia Política**, São Paulo, v. 10, n. 20, p. 297-313, dez. 2010.

BOCK, A. M. B. As influências do Barão de Münchhausen na Psicologia da Educação. In: TANAMACHI, E. R.; ROCHA, M. L.; PROENÇA, M. (org.). **Psicologia e Educação**: desafios teórico-práticos. São Paulo: Casa do psicólogo, 2000, p. 11-34.

BOCK, A. M. B. A adolescência como construção social: estudo sobre livros destinados a pais e educadores. **Abrapec**, Perdizes, v. 2, n. 1, p. 63-76, jan. 2007.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J. C. **A reprodução**: elementos para uma teoria do ensino. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1975.

BRAIT, B.; MELO, R. Enunciado/enunciado concreto/enunciação. In: BRAIT, B. (org.). **Bakhtin**: Conceitos-chave. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2008.

BRASIL. ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil**. 2019. Disponível em: portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=O%20Pisa%202018%20revela%20que,escolariza%C3%A7%C3%A3o%20de%20profici%C3%94ncia%20em%20leitura.&text=As%20escolas%20particulares%20e%20federais,%20respe%20tivamente%20contra%2048%20por%20cento. Acesso em: 15 dez. 2019.

BRASIL. JOÃO MATHEUS RIBEIRO. (comp.). **Maiores Economias do Mundo**: PIB em trilhões de US\$ - 2012-2019 – ordem decrescente de 2013. 2019. Disponível em: http://www.funag.gov.br/ipri/images/analise-e-informacao/01-Maiores_Economias_do_Mundo.pdf. Acesso em: 03 abr. 2020.

BROWN, H. C. Foundations of the structural theory. **Journal of Chemistry Education**, v. 36, n. 3, p. 104-110, jan. 1959.

BUTANO. 2019. **Toda matéria**: conteúdos escolares. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/butano/>. Acesso em: 23 out. 2020.

CALVE, T. M.; ROSSLER, J. H.; SILVA, G. L. R. A aprendizagem escolar e o sentido pessoal na Psicologia de A. N. Leontiev. **Psicologia Escolar e Educacional**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 435-444, dez. 2015.

CAMEL, T. O. **A relevância das teorias da química orgânica na aceitação do conceito de molécula e de uma realidade atômica**. 2010. 335 f. Tese (Doutorado) - Programa de História das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CAMEL, T. O.; KOEHLER, C. B. G.; FILGUEIRAS, C. A. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Química Nova**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 543-553, jan. 2009.

CEDRAN, J. C. **O conceito de estrutura dos compostos orgânicos: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard**. 2015. 170 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Para Ciência e A Matemática, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

CEDRAN, J. C.; SANTIN FILHO, O. A estrutura dos compostos orgânicos em livros didáticos de nível superior: análise sob a perspectiva de Bachelard. **Revista Exitus**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 376-405, 1 out. 2019. Universidade Federal do Oeste do Para.

CEDRO, W. L.; MOURA, M. O. Uma perspectiva histórico-cultural para o ensino de álgebra: o clube de matemática como espaço de aprendizagem. **Zetetiké**, Campinas, v. 15, n. 27, p. 37-55, 2007.

CHANDRASEGARAN, A.; TREAGUST, D. F.; MOCERINO, M. An evaluation of a teaching intervention to promote students' ability to use multiple levels of representation when describing and explaining chemical reactions. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 38, n. 2, p. 237-248, 2007.

CHASSOT, A. **Catalisando transformações da educação**. Injuí: Unijui, 1993.

CHASSOT, A. Alquimiando a Química. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 20-22, maio 1995.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. Injuí: Unijui, 2017.

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. F. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, UK, v. 8, n. 3, p. 274-292, 2007.

COELHO, F. A. S. Fármacos e Quiralidade. **Química Nova na Escola**, n.3, 2001 [cadernos temáticos].

COELHO, I. T. **Pedagogia Histórico-Crítica e Alfabetização**: elementos para uma perspectiva histórico-crítica do ensino da leitura e da escrita. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar, Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2016.

COLETIVO DE AUTORES. **Metodologia do ensino da educação física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

CORDEIRO, S. B.; ALMEIDA, L. A.; PEREIRA, L. Q. Materiais inteligentes como ferramenta para o ensino de química orgânica. **Educação Química En Punto de Vista**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 108-124, 31 jan. 2019.

DANGIÓ, M. C. S. **A alfabetização sob o enfoque histórico-crítico**: contribuições didáticas. 2017. 356 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar, Faculdade de Ciências e Letras – Unesp/Araraquara, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2017.

DAVÍDOV, V. V. **La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico**. Moscú: Editorial Progreso, 1988a.

DAVIDOV, V. V. **Problemas do ensino desenvolvimental**: a experiência da pesquisa teórica e experimental na psicologia. Moscú: Editorial Progreso, 1988b. (Traduzido por José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas)

De QUADROS, A. L. *et al.* The knowledge of chemistry in secondary education: difficulties from the teachers' viewpoint. **Educación Química**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 232-239, abr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v22n3/v22n3a8.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2020.

DRAYER, D. E. The early history of stereochemistry: from the discovery of molecular asymmetry and the first resolution of a racemate by Pasteur to the asymmetrical chiral carbon of van't Hoff and Le Bel. **Clinical Research and Regulatory Affairs**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 181-203, 2001.

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas: Autores Associados, 2004a.

DUARTE, N. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev. **Cadernos Cedes**, v. 24, n. 62, p. 44-64, 2004b

DUARTE, N. **Educação escolar, teoria do cotidiano e a escola de Vigotski**. 4. ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

DUARTE, N. **Sociedade do conhecimento ou sociedade das ilusões?**: quatro ensaios crítico-dialéticos em filosofia da educação. Campinas: Autores Associados, 2008.

ELIEL, E. L.; WILEN, S. H. **Stereochemistry of organic compounds**. New York: John Wiley, 1994.

ELIEL, E. L.; WILEN, S. H; DOYLE, M. P. **Basic organic stereochemistry**. New York: John Wiley, 2001.

ELKONIN, D. B. Sobre el problema de la periodización del desarrollo psíquico en la infancia. In: DAVIDOV, V; SHUARE, M. (Org.). **La psicología evolutiva y pedagógica en la URSS**. Moscou: Progreso, 1987. p. 104-124.

ESTEBAN, S. Liebig-Wöhler controversy and the concept of isomerism. **Journal of Chemical Education**, v.85, n.9, 2008.

FACCI, M. G. D. A periodização do desenvolvimento psicológico individual na perspectiva de Leontiev, Elkonin e Vigotski. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 24, n. 62, p. 64-81, abr. 2004.

FISCHER, S. R. **História da leitura**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

FLÔR, C. C.; CASSIANI, S. Estudos envolvendo linguagem e educação química no período de 2000 a 2008 – algumas considerações. **Rev. Ensaio**, v. 14, p. 181-193, 2012.

FONSECA, M. R. M. **Química**: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. 3 v. (volume 3).

FONTANA, R. A elaboração conceitual: a dinâmica da interlocuções na sala de aula. In: SMOLKA, A. L.; GOES, M. C. R. (org.). **A linguagem e o outro no espaço escolar: Vygotsky e a construção do conhecimento**. 12. ed. Campinas: Papirus, 2008. p. 119-150.

FRANCIOLI, F. A. S. Os estágios que constituem a história da pré-escrita: reflexões a partir dos experimentos realizados com crianças não alfabetizadas. **Horizontes: Revista de Educação**, Dourados, v. 1, n. 1, p. 73-85, jan. 2013.

GABEL, D. Use of the particulate nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 193-194, 1993.

GALVÃO, A. C.; LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. **Fundamentos da didática histórico-crítica**. Campinas: Autores Associados, 2019.

GAMBOA, S.S. Las categorías de tiempo e historicidad en los actuales enfoques de la historiografía educativa en Brasil. In: CUCUZZA, H.R(Org.). **História de la educación en debate**. Buenos Aires: Miño y Davila, 1996.

GEISON, G. L.; SECORD, J. A. Pasteur and the process of discovery: the case of optical isomerism. **Isis**, [S.L.], v. 79, n. 1, p. 6-36, mar. 1988. University of Chicago Press.

GILBERT, J.; TREAGUST, D. Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In: GILBERT, J. e TREAGUST, D. (Ed.). **Multiple Representations in Chemical Education**: Springer Netherlands, v.4, 2009. cap. 1, p. 1-8. (Models and Modeling in Science Education).

GIORDAN, M. **Uma perspectiva sociocultural para os estudos sobre elaboração de significados em situações de uso do computador na Educação em Ciências**. 2006. 315 f. Tese de Livre-Docência, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 1, n. 7, p. 34-42, dez. 2007. Cadernos Temáticos.

GOUVEA, M. M. Gênese e estrutura de Imperialismo, fase superior do capitalismo, de Lênin. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 21-34, 15 out. 2020. Universidade Federal da Bahia.

GRESCZYSCZYN, M. C. C. **Múltiplas representações para o ensino de química orgânica: uso do infográfico como meio de busca de aplicativos**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

GRESCZYSCZYN, M. C. C. *et al.* A perspectiva semiótica de Pierce para o ensino e aprendizagem de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. p. 1-12.

HOLMYARD, E. J. **Alchemy**. New York: Dove Publications, 1990.

INFOESCOLA. **Carbono assimétrico ou quirál**. [20--]. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica-organica/carbono-assimetrico/>. Acesso em: 04 nov. 2020.

ISOMERIA Óptica. 2019. **Toda matéria: conteúdos escolares**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/isomeria-optica/>. Acesso em: 15 out. 2020.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and microchemistry. **School Science Review**, v. 64, p. 377–379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **The Forum**, v. 70, n 9, p. 701-705. 1993.

JOHNSTONE, A.H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: research and practice in Europe**, v. 1, n. 1, 2000.

JOHNSTONE, A.H. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education: research and practice**, v. 5, n. 3, 2004.

KAZMIERCZAK, E. *et al.* Aromas e odores: ensino de funções orgânicas em sequências de ensino-aprendizagem. **Actio: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 214-236, maio 2018.

KOPNIN, P. V. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

KOSIK, K. **Dialética do concreto**. 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

LABARCA, M. Acerca del triangulo de Johnstone: algunos comentarios filosóficos. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DO INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY AND SCIENCE TEACHING GROUP, 1., 2010, Maresias. **Caderno de resumos...** São Paulo: USP, 2010. p. 101.

LAVARDA, T. C. F. S.; PEREIRA, P. B. Um levantamento histórico das pesquisas sobre linguagem no ensino de ciências no Brasil. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 46-62, jan./abr. 2019.

LE BEL, J. A. Sur les relations qui existent entre les formules atomiques des corps organiques et le pouvoir rotatoire de leurs dissolutions. **Bulletin de la Société Chimique de Paris**, t. 22, 1874, p. 337-347.

LEIGH, G. J.; FAVRE, H. A.; METANOMSKI, W. V. **Principles of chemical nomenclature: a guide to IUPAC recommendations**. Oxford: Blackwell Science, 1998.

LEONTIEV, A. N. Las necesidades y los sentimientos. In: SMIRNOV, A. A.; LEONTIEV, A. N.; RUBINSHTEIN, S. L.; TIEPLOV, B. M. **Psicologia** (Antologia). Ediciones Pedagógicas. Imprenta Nacional de Cuba, 1961. (Tradução direta do russo para o espanhol por Florencio Villa Landa). p.341-354.

LEONTIEV, A. N. Sobre o desenvolvimento histórico da consciência. In: LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978a. p. 89-142.

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1978b.

LEONTIEV, A. N. **Actividad, conciencia y personalidad**. Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación, 1983.

LEONTIEV, A. N. El desarrollo psíquico del niño en la edad preescolar. In: DAVIDOV, V; SHUARE, M. (Org.). **La psicología evolutiva y pedagógica en la URSS** (antologia). Moscou: Progreso, 1987. p. 57-70

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11. ed. São Paulo: Ícone, 2010. Cap. 4. p. 59-84. Tradução de: Maria da Pena Villalobos.

LIRA, M. B.; RECENA, M. C. P. Potencialidades da semiótica Peirceana no ensino de química: uma análise com base em resultados de pesquisa no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize, 2019. p. 1-12.

LUKÁCS, G. **Existencialismo ou marxismo?** São Paulo: Senzala, 1967.

LUKÁCS, G. **Introdução a uma estética marxista**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968.

LUKÁCS, G. **Para uma ontologia do ser social II**. São Paulo: Boitempo, 2013.

LURIA, A. R. **Curso de psicologia geral: linguagem e pensamento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979. 4 v.

LURIA, A. R. **Pensamento e linguagem: as últimas conferências de Luria**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1987.

LURIA, A. R. **Pensamento e linguagem** : as últimas conferências de Luria. Porto Alegre: Artes Médicas, 1987.

LURIA, A. R. O desenvolvimento da escrita na criança. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11. ed. São Paulo: Ícone, 2010. Cap. 8. p. 143-190. Tradução de: Maria da Pena Villalobos.

MACHADO, A. H **Aula de Química: discurso e conhecimento**. 1999. 148 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia de Ensino, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MARCONDES, M. E. R. *et al.* **Química Orgânica: reflexões e propostas para o seu ensino**. São Paulo: Gepec - Iqusp, 2015. Disponível em: http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/quimica_organica.pdf. Acesso em: 18 abr. 2020.

MARTINS, L. M. **A formação social da personalidade do professor: um enfoque vigotskiano**. São Paulo: Autores Associados, 2007.

MARTINS, L. M. **O Desenvolvimento do Psiquismo e a Educação Escolar: contribuições à luz da psicologia histórico cultural e da pedagogia histórico-crítica**. Campinas: Autores Associados, 2013.

MARTINS, L. M. A internalização de signos como intermediação entre a psicologia histórico cultural e a pedagogia histórico-crítica. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 44-57, jun. 2015.

MARTINS, L. M.; CARVALHO, S. R. Educação escolar e resistência: a (des)qualificação do ensino e a obnubilação da consciência. **Cadernos de Pesquisa em Educação**, Vitória, v. 19, n. 46, p. 68-88, jul. 2017.

MARTINS, L. M.; CARVALHO, B.; DANGIÓ, M. C. S. O processo de alfabetização: da pré-história da escrita a escrita simbólica. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 337-346, maio 2018.

MARTINS, L. M.; LAVOURA, T. N. Materialismo histórico-dialético: contributos para a investigação em educação. **Educar em Revista**, [S.L.], v. 34, n. 71, p. 223-239, out. 2018.

MARTINS, L. M. **Pedagogia histórico-crítica e ensino de conteúdos**. Youtube. Transmitido ao vivo e publicado em 22 set. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FqHaw1QhsDc&t=4328s>>. Acesso em: 23 set. 2020.

MARX, K. **Grundrisse**: manuscritos econômicos de 1857-1858: esboço da crítica da economia política. São Paulo: Boitempo, 2011.

MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. 3. ed. São Paulo: Boitempo, 2013. (Livro 1: o processo de produção do capital).

MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. São Paulo: Boitempo, 2017. (Livro 3: o processo global da produção capitalista).

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**. São Paulo: Expressão Popular, 2009.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. 6.ed. v.1, São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

MELO, M. S. **A transição entre os níveis – macroscópico, submicroscópico e representacional – uma proposta metodológica**, 2015, 134f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MESSEDER, H. N. **Apropriação dos conceitos de função**: uma análise histórico-cultural. 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2019.

MESSEDER NETO, H. S. **Contribuições da psicologia histórico-cultural para ludicidade e experimentação no ensino de química**: além do espetáculo, além da aparência. 2015. 253 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2015.

MONTEIRO, P. V. R.; SILVA, G. L. R.; ROSSLER, J. H. A apropriação de conceitos científicos no contexto escolar e as pedagogias do aprender a aprender. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 551-560, set. 2016.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 1, p. 7-19, dez. 1998.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 3. São Paulo: Scipione, 2013.

MOSS, G. P. Basic Terminology of stereochemistry. **Pure and Applied Chemistry**, v. 68, n. 12, p. 2193-2222, 1996.

MOURA, M.O.; LANNER DE MOURA, A.R. **Escola**: um espaço cultural. Matemática na Educação Infantil: conhecer, (re)criar – um modo de lidar com as dimensões do mundo. São Paulo: Diadema/Secel, 1998.

NAVARRO, M.; FÉLIX, M.; MILARÉ, T. A História da Química em livros didáticos do Ensino Médio. **Ciência, Tecnologia e Ambiente**, [S.L], v. 1, n. 1, p. 55-61, jan. 2015.

NOGUEIRA, H. S. A.; PORTO, P. A. Entre tipos e radicais: a construção do conceito de valência. **Química Nova**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 117-127, fev. 2019.

NOVACK, G. **Introdução à lógica marxista**. São Paulo: Editora Instituto José Luis e Rosa Sundermann, 2005.

OBRIST, B. Visualization in Medieval Alchemy. **Hyle-International Journal For Philosophy Of Chemistry**. [S.L], p. 131-170. nov. 2003. Disponível em: <http://www.hyle.org/journal/issues/9-2/obrist.htm>. Acesso em: 30 abr. 2019.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência e Educação**, [S.L], v. 14, n. 1, p. 67-88, jan. 2008.

OLIVEIRA, B. A dialética do singular-particular-universal. *In*: ABRANTES, A. A.; SILVA, N. R.; MARTINS, S. T. F. (org.). **Método histórico-social na psicologia**. Petrópolis: Vozes, 2005. p. 25-51.

OLIVEIRA, G. *et al.* O uso da cotidianização como ferramenta para o ensino de química orgânica no ensino médio. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA/UEPB, 1., 2012, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Realize, 2012. p. 1-8.

OLIVEIRA, O. B.; NICOLLI, A. A.; CASSIANI, S. Abordagens sobre linguagem nas pesquisas em educação em ciências: algumas implicações. *In*: GALIETA, T.; GIRALDI, P. M. **Linguagens e Discursos na Educação em Ciências**. Rio: Editora Multifoco, 2014.

PANDITA-PEREIRA, A. Adolescência e juventude: contribuições e desafios de escritos soviéticos para a análise da realidade brasileira. **Obutchénie: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, Uberlândia, v. 3, n. 3, p. 1-25, set. 2019.

PANDITA-PEREIRA, A.; MAGALHÃES, G. M.; PASQUALINI, J. C. O estudo concreto do desenvolvimento da infância e da adolescência e suas contribuições para a educação. **Interação em Psicologia**, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 354-363, jan. 2020.

PANDITA-PEREIRA, A.; SEKKEL, M. C. Constituição de motivos às atividades escolares em jovens estudantes do etim. **Psicologia Escolar e Educacional**, Maringá, v. 24, n. 1, p. 1-8, nov. 2020.

PASQUALINI, J. C. A perspectiva histórico-dialética da periodização do desenvolvimento infantil. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 31-40, jan. 2009.

- PASQUALINI, J. C. Objetivos do ensino na educação infantil à luz da perspectiva histórico-crítica e histórico-cultural. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 200-209, jun. 2015.
- PASQUALINI, J. C.; MARTINS, L. M. Dialética singular-particular-universal: implicações do método materialista dialético para a psicologia. **Psicologia & Sociedade**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 362-371, ago. 2015.
- PITKIN, H. F. **The concept of representation**. Londres: University of California Press, 1972.
- PRESTES, Z. R. **Quando não é quase a mesma coisa**: traduções de Lev Seminiovitch Vigotski no Brasil. Campinas: Autores Associados, 2012.
- RAMBERG, P. J.; SOMSEN, G. J. The young J. H. van 't Hoff: the background to the publication of his 1874 pamphlet on the tetrahedral carbon atom, together with a new english translation. **Annals Of Science**, [S.L.], v. 58, n. 1, p. 51-74, jan. 2001. Informa UK Limited.
- RAMBERG, P. J. **Chemical structure, spatial arrangement: the early history of stereochemistry**, 1874-1914. Ashgate: Aldershot, 2003.
- RAPPOPORT, L. T.; ASHKENAZI, G. Connecting levels of representation: emergent versus submergent perspective. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 30, n. 12, p. 1585-1603, 2008.
- RAUPP, D.; PINO, J. C. Estereoquímica no Ensino Superior: historicidade e contextualização em livros didáticos de química orgânica. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 17, n. 1, p. 146-168, jan. 2015.
- RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, A. M. A evolução histórica da linguagem representacional química: : uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Ufsc, 2009. p. 1-12.
- RIDDELL, F.G.; ROBINSON, M.J.T. J. H. van't Hoff and J. A. Le Bel—their historical context. **Tetrahedron**, [S.L.], v. 30, n. 13, p. 2001-2007, jan. 1974. Elsevier BV.
- ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Ufsc, 2016. p. 1-10.
- ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 921-923, abr. 2008.
- SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1983.
- SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem**: cognição, semiótica, mídia. São Paulo: Editora Iluminuras Ltda., 2005.
- SANTOS, W. L. P. S; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**. São Paulo: AJS, 2013.

SAVIANI, D. **Educação**: do senso comum à consciência filosófica. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 1996.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. 42. ed. Campinas: Autores Associados, 2012.

SAVIANI, D. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. 3. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2012.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, C. S.; MESSEDER NETO, H. S. Um estudo da linguagem da química orgânica na perspectiva do método marxista e da Psicologia Histórico Cultural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: Ufrn, 2019. p. 1-9.

SILVA, C. S.; MESSEDER NETO, H. S. Precisamos mesmo do triângulo de Johnstone?: uma análise histórico-cultural dos níveis do conhecimento químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 20., 2020, Recife. Recife: UFPE, 2021. p. 1-12. No prelo.

SILVA JÚNIOR, C. A. B.; BIZERRA, A. M. C. Estruturas e nomenclaturas dos hidrocarbonetos: é possível aprender jogando?. **Holos**, [S.L.], v. 6, p. 146-155, 11 dez. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

SILVA, J. R. R. T. Diversos modos de pensar o conceito de substância química na história da ciência e sua visão relacional. **Ciência & Educação (Bauru)**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 707-722, jul. 2017.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um perfil conceitual para substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, 2013.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S.; FREITAS, J. D. Uma Breve História da Geometria Molecular sob a Perspectiva Didático-Epistemológica de Guy Brousseau. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 4, p. 626-647, jul. 2018.

SOARES, M. **Alfabetização**: a questão dos métodos. São Paulo: Contexto, 2016.

SOBRAL, A. Ato/atividade e Evento. In: BRAIT, B. (org.). **Bakhtin**: Conceitos-chave. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2008.

SOLOMONS, G.; FRYHLE C. **Química orgânica**. v. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

SOUZA, G. S. M.; SILVA, E. S.; SANTOS, K. N.; SANTOS, B. F. A pesquisa sobre linguagem e ensino de ciências no Brasil em teses e dissertações (2000-2011). In: GALIETA, T.; GIRALDI, P. M. **Linguagens e Discursos na Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Editora Multifoco, 2014.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Estratégias visuais na construção de uma realidade química: análise semiótica das ilustrações em livros didáticos ao longo do século XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Abrapec, 2013. p. 1-12.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Interação, interpretação e representação: análise semiótica de obstáculos textuais e imagéticos presentes em livros didáticos de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. São Paulo: Abrapec, 2013. p. 1-8.

TALANQUER, V. Macro, submicro and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.

TULESKI, S. C.; CHAVES, M.; BARROCO, S. M. S. Aquisição da linguagem escrita e intervenções pedagógicas: uma abordagem histórico-cultural. **Fractal: Revista de Psicologia**, Niterói, v. 24, n. 1, p. 27-44, jan. 2012.

VIGOTSKI, L. S., **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009. Tradução de: Paulo Bezerra.

VILELLA, Gabriel. **Isomeria óptica**. 2011. Química sem segredos. Disponível em: <http://quimicasemsegredos.com/isomeria-optica/>. Acesso em: 03 set. 2020.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas III**: problemas del desarrollo de la psique. Madrid: Visor, 1995.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas IV**: paidología del adolescente, problema de la psicología infantil. Madrid: Visor, 1996.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas I**: el significado histórico de la crise de la psicología. Madrid: Visor, 1997.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas II**: problemas de la psicología general. Madrid: Visor, 2001.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R. **Estudos sobre a história do comportamento**: símios, homem primitivo e criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 16, n. 2, p. 275-290, ago. 2011.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência & Educação (Bauru)**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 49-64, mar. 2015.