

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EMATEMÁTICA



MARIA CRISTINA AGUIRRE SCHWAHN

**APRENDIZADO DE GEOMETRIA MOLECULAR E REPRESENTAÇÕES
ATOMÍSTICAS COM O USO DE MODELOS MOLECULARES: análise das
imagens mentais de estudantes com cegueira congênita**

Canoas
2015

MARIA CRISTINA AGUIRRE SCHWAHN

**APRENDIZADO DE GEOMETRIA MOLECULAR E REPRESENTAÇÕES
ATOMÍSTICAS COM O USO DE MODELOS MOLECULARES: análise das
imagens mentais de estudantes com cegueira congênita**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática como requisito à obtenção do Grau de Doutor no Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Luterana do Brasil. Área de Concentração: inclusão no ensino de Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Canoas
2015

MARIA CRISTINA AGUIRRE SCHWAHN

**APRENDIZADO DE GEOMETRIA MOLECULAR E REPRESENTAÇÕES
ATOMÍSTICAS COM O USO DE MODELOS MOLECULARES: análise das
imagens mentais de estudantes com cegueira congênita**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática como requisito à obtenção do Grau de Doutor no Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Área de Concentração: Inclusão e o Ensino de Ciências.

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto (Orientador – ULBRA)

Prof. Dr. Eder Pires de Camargo (UNESP-Bauru)

Prof. Dr. Bruno Campello de Souza (UFPE)

Prof^a. Dr^a. Tania Renata Prochnow (ULBRA)

Prof^a. Dr^a. Marlise Geller (ULBRA)

Prof^a. Dr^a. Tania Elisa Seibert (ULBRA)

Canoas
2015

Dedico este trabalho a minha filha, Francine, tão esperada e desejada, que mesmo sem saber me proporcionou uma força incondicional, mostrando que vale a pena viver; ao meu filho Julius André, meu anjo da guarda, que com sua alegria e serenidade soube me acalmar nos momentos mais difíceis; e ao meu marido Marcos, meu amor, meu porto seguro, que esteve sempre ao meu lado durante este doutorado, rindo e chorando comigo, dando-me forças para continuar. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve comigo, pela oportunidade que me foi dada para concluir mais uma etapa de estudos.

Ao meu marido, Marcos, e aos meus filhos, Julius André e Francine, por todo tipo de apoio, pela confiança, pelo respeito e, sobretudo, por compartilharem das minhas idealizações.

Aos meus pais, Ivo e Dulce, exemplos de sabedoria em sua simplicidade. A eles devo o início de tudo, os primeiros passos em minha vida de estudante e a caminhada que se seguiu.

Aos meus irmãos, M^a Angélica, M^a Helena e Carlos Alberto, por serem meus companheiros nas dificuldades, compreensivos nos infortúnios, presentes nas alegrias, pelas palavras de carinho e fiéis incentivadores de minha qualificação profissional.

À Neiva, apoio singular em minha vida, pelo carinho e dedicação, fundamentais nesta caminhada do doutorado.

Ao professor Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, pela orientação e profissionalismo durante a elaboração deste trabalho.

A todos os professores do PPGECIM, que com sabedoria e paciência fizeram parte deste processo, emitindo preciosas palavras de apoio.

Aos colegas da turma de doutorado, pelas aprendizagens e amizades construídas.

Às colegas Adriana e Sonia, hoje amigas, pela troca de experiências, pelas conversas, risadas e brincadeiras.

Aos meus alunos, que também me ensinam a ser professora e conseqüentemente a repensar o meu discurso pedagógico, não somente sobre a inclusão, mas relativo à educação de modo geral.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós, deixam um pouco de si, levam um pouco de nós. (SAINT EXUPÉRY)

RESUMO

A Química, considerada a mais visual das ciências, por fazer uso de uma grande variedade de representações como forma de expressar conceitos, utilizando para tal representações em 2D e 3D, relaciona-as à capacidade de visualização e a habilidades cognitivas, em especial à habilidade visuoespacial, colocando uma barreira para o aprendizado de alunos cegos. A construção do conhecimento químico por alunos cegos é, indiscutivelmente, uma questão que merece um tratamento sistemático aprofundado, pois várias interrogações se fazem presentes uma vez que esta ciência constitui uma linguagem indispensável para a leitura crítica dos contextos sócio, político e histórico que nos determinaram e que vivemos. O aluno cego congênito, sujeito desta pesquisa, apresenta uma peculiaridade entre os alunos com deficiência visual e a problemática do ensino em foco, porque, como não possuem memória visual, constroem representações mentais de fenômenos químicos por meio de estímulos nãovisuais e das relações sociais que estabelecem com outros indivíduos com deficiência visual e videntes, captando, através dos outros sentidos, os sinais exteriores e decodificando-os. Nessa busca, percebeu-se que a construção de conhecimento por alunos cegos congênitos pode ocorrer através das representações de suas imagens mentais, que trazem características semelhantes à percepção de alunos videntes, colocando o foco desta pesquisa na maneira como um aluno cego congênito constrói representações mentais do tipo imagem visual de modelos bi e tridimensionais de estruturas químicas, que compõe a linguagem deste campo de conhecimento, e quais características tais imagens apresentam. Fundamentada na Teoria Sociointeracionista de Vygotsky e na Teoria da Mediação Cognitiva, os resultados indicam que as imagens mentais e as representações imagéticas dos estudantes, associadas aos conceitos de ligações químicas e isomeria *CIS/TRANS*, evoluíram depois da utilização de modelostáctil tipo *balls-and-sticks* e da interação com a pesquisadora, interação esta psicofísica, social e sociocultural, ao desenvolverem seus *drivers* de geometria molecular.

Palavras-chave: Ensino de Química. Aluno cego. Imagens mentais. Modelos moleculares. Teoria Sociointeracionista. TMC.

ABSTRACT

Chemistry, considered most visual science, to make use of a wide variety of representations in order to express concepts, using such a representation in 2D and 3D, relates these visualization capacity and cognitive abilities, in particular visuospatial ability, putting a barrier for learning blind students. The construction of chemical knowledge for blind students is undoubtedly an issue that deserves a thorough systematic treatment, where several questions are present since this science is an essential language for critical reading of the social, political and historical contexts that determined us and we live in. Congenital blind student, subject of this research, presents a peculiarity among students with visual impairment and the issue of education in focus, because, as have no visual memory, build their mental representations of chemical phenomena through non-visual stimuli and social relations, establish with other individuals with visual disabilities and seers, picking through the other senses, the outward signs and decoding them. In this search, it is clear that the construction of knowledge by congenitally blind students may occur through the representations of their mental images, which bring similar features to the perception of sighted students, placing the research focus in the way a congenital blind student builds representations mental type visual image models two and three dimensional chemical structures, that make up the language of this field of knowledge and what characteristics such images present. Based on Vygotsky's Sociointeractionist Theory and the Cognitive Mediation Theory, the results indicate that mental imagery and imagery representations of students, associated with the concepts of chemical bonding and isomerism CIS/TRANS evolved after the use of touch-type models balls-and-sticks and interaction with the researcher, this interaction, social and socio-cultural psychophysical, to develop their molecular geometry drivers.

Keywords: Teaching Chemistry. Blind student. Mental images. Molecular models. Sociointeractionist Theory. TMC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Publicações nos ENPECs para a área da Química.....	28
Figura 2 - Relação entre ligação e nuvem eletrônica	68
Figura 3 - Representação em 3D e 2D para a molécula de Água	70
Figura 4 - Representação em 3D e 2D para a Molécula de Gás Oxigênio.....	71
Figura 5 - Representação em 3D e 2D para a Molécula de Amônia	71
Figura 6 - Representação 3D e 2D para a Molécula de Metano	72
Figura 7 - Representação do etileno e do 1,2-dicloroetileno	73
Figura 8 - Dados informados pelas CREs da localização dos alunos deficientes visuais	78
Figura 9 - Trecho da entrevista com o estudante A1.....	78
Figura 10 - Localização das CREs do Estado do Rio Grande do Sul.....	77
Figura 11 - Trecho da entrevista onde A1 fala sobre cores.....	80
Figura 12 - Trecho da entrevista com o estudante A2.....	81
Figura 13- Trecho da entrevista com o estudante A2.....	81
Figura 14 - Caracterização dos sujeitos da pesquisa	82
Figura 15 - Organização do Teste-Piloto.....	85
Figura 16 - Entrevista semiestruturada do 1º experimento.....	91
Figura 17 - Modelo molecular alternativo	90
Figura 18 - Modelo molecular convencional.....	92
Figura 19 - Roteiro de entrevista semiestruturada do 2º experimento	93
Figura 20- Modelo molecular alternativo de bolas de isopor e palitos.....	95
Figura 21 - Roteiro de entrevista semiestruturada do 3º experimento	97
Figura 22 - Representação simplificada da diferença na estrutura dos isômeros geométricos.....	97
Figura 23 - Trecho da entrevista com A2, mostrando sua a imagem mental para a molécula de oxigênio como dinâmica.....	104
Figura 24 - Evolução das representações de A2 para a molécula de gás oxigênio	103
Figura 25 - Trecho da entrevista com A1, sobre a molécula de água	107
Figura 26 - Gestos de A2 para mostrar o movimento que a molécula de oxigênio realiza na sua imagem mental	105

Figura 27 - Transcrição da fala de A1 para descrever a imagem da molécula de água	109
Figura 28 - Representações para a molécula da água para a aluna A1 no início do 1º encontro: (a) representando o oxigênio; (b) a molécula de água completa;(c) a molécula de água	108
Figura 29 - Nova representação para a água da aluna A1	110
Figura 30 - Representação para a água no 2º experimento; a molécula na imagem é dinâmica.....	110
Figura 31 - Transcrição da fala de A1 para este momento	113
Figura 32 - Na sequência, a representação feita por A1 da disposição do átomo de oxigênio e dos átomos de hidrogênio na molécula da água.....	1133
Figura 33 - A1 mostrando como é o movimento da molécula da água na sua imagem mental	114
Figura 34 - Gestos descritivos de A1 para a molécula de água	116
Figura 35 - Gestos de A1 para mostrar a posição do átomo de oxigênio na molécula de água	117
Figura 36 - Representando os dois hidrogênios para a água.....	117
Figura 37 - Mostrando que os hidrogênios estão em torno do oxigênio.....	118
Figura 38 - Trecho da entrevista com A1 quando descreve a molécula de gás oxigênio	119
Figura 39 - Trecho da entrevista de A2 do 3º experimento	121
Figura 40 - A1 descrevendo a molécula do gás oxigênio.....	118
Figura 41 - A1 descrevendo os átomos na molécula de gás oxigênio	119
Figura 42 - Trecho da entrevista em que A2 relembrando conceitos sobre Isomeria CIS/TRANS	122
Figura 43 - Trecho da entrevista de A2 usando a percepção tátil para verificar diferenças em estruturas orgânicas	123
Figura 44 - Usando as mãos para aprender isomeria CIS/TRANS	122
Figura 45 - A2 representando com as mãos as posições CIS/TRANS	123
Figura 46 - Organograma dos Resultados	125
Figura 47 - Trechos das entrevistas de A1, no 1º e 2º experimento, descrevendo as ligações para a molécula de água.....	128

Figura 48 - Trechos da entrevista com A1, em que fala sobre o movimento da molécula de água	129
Figura 49 - Trechos das entrevistas com A2 para este momento no 1º e 2º experimento	130
Figura 50 - A1 mostrando a ligação entre oxigênio e hidrogênio como pontinhos; e a ligação como linha cheia.	128
Figura 51 - A1 mostrando o movimento da molécula de água na sua imagem.....	129
Figura 52 - Trecho da entrevista em que A1 descreve a molécula de gás oxigênio	132
Figura 53 - Representações de A2 para a molécula de água	131
Figura 54 - Trecho da entrevista em que A1 descreve a ligação entre os oxigênios	134
Figura 55 - Na sequência, A1 aponta para o que seria a ligação entre os oxigênios no 1º experimento	133
Figura 56 - Trecho da entrevista com A2, no 1º e 2º experimento, durante a descrição da molécula de gás oxigênio	136
Figura 57 - Representação de A1 da molécula de gás oxigênio no 2º experimento	134
Figura 58 - Descrição da imagem de gás oxigênio de A1	135
Figura 59 - Trecho da entrevista com A1 sobre a molécula do metano	138
Figura 60 - Na sequência, as representações da molécula do gás oxigênio, para A2, no 1º e 2º encontros	137
Figura 61 - Trecho da entrevista com A2 sobre a representação da molécula de metano	140
Figura 62 - Representações de A1 para a molécula de metano, no 1º e 2º experimento	139
Figura 63 - Trechos da entrevista com A1 e A2 no 3º experimento	143
Figura 64 - Representações de A2 para o metano.....	141
Figura 65 - Gesto que A2 faz para representar a átomo de carbono, como se fosse um ovo	141
Figura 66 - Trecho das entrevistas de A1 e A2 na representação do 1,2dicloroetileno	144

Figura 67 - Representações de A1 e A2 para o átomo de carbono, usando gestos	143
Figura 68 - Representações de A2, do Trans1,2dicloroetileno, usando as mãos ...	144
Figura 69 - Representações de A1 e A2 para o isômero CIS1,2dicloroetileno	145
Figura 70 - Representação do Etano para A2	145

LISTA DE SIGLAS

2D – Duas Dimensões

3D –Três Dimensões

CRE – Coordenadorias Regionais de Educação

EBSCO – Academic Search Premier

ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências

ERIC – Educational Resources Information Center

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

OMS – Organização Mundial de Saúde

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PPGECIM – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

RPECV – Teoria de Repulsão de Pares de Elétrons da Camada de Valência

SEDUC – Secretaria Estadual da Educação

TMC – Teoria de Mediação Cognitiva

ULBRA – Universidade Luterana do Brasil

ZDP –Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 MINHA TRAJETÓRIA ACADÊMICA	19
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA DE INVESTIGAÇÃO	22
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	24
1.3.1 Questões de investigação	25
1.4 OBJETIVOS	25
1.4.1 Objetivo Geral	25
1.4.2 Objetivos Específicos	26
2 REVISÃO DE LITERATURA	27
3 O ALUNO CEGO E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO	41
3.1 CONHECENDO A CEGUEIRA	42
3.1.1 A deficiência visual: definições médicas e educacionais	43
3.2 O ALUNO CEGO E O ENSINO DE QUÍMICA.....	47
3.3 A TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY.....	50
3.3.1 A aprendizagem segundo Vygotsky	51
3.3.2 Vygotsky e a pessoa com deficiência	53
3.4 A TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA.....	56
3.4.1 A importância da TMC e o aluno cego.....	59
3.4.2. Os drivers.....	62
3.5 A VISÃO CEGA.....	63
4 A GEOMETRIA DAS MOLÉCULAS E SUAS REPRESENTAÇÕES VISUOESPACIAIS.....	66
4.1 ESTRUTURAS DAS MOLÉCULAS E ESTEREOQUÍMICA.....	67
4.1.1 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula da água.....	70
4.1.2 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula do Gás Oxigênio	70
4.1.3 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula da Amônia	71
4.1.4 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula do Metano	71
4.2 A GEOMETRIA MOLECULAR E A ISOMERIA CIS/TRANS	72

5 METODOLOGIA	74
5.1 OPÇÕES METODOLÓGICAS	74
5.2 A BUSCA PELOS SUJEITOS DA PESQUISA	77
5.3 OS SUJEITOS INVESTIGADOS	78
5.3.1 O sujeito A1	79
5.3.2 O sujeito A2	80
5.3.3 O sujeito P1.....	81
5.4 CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS: LOCAL DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	83
5.4.1 Escola B	83
5.4.2 Escola C	83
5.4.3 Escola D	84
5.5 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	84
5.5.1 Teste-Piloto.....	84
5.5.2 A Entrevista	86
5.5.3 A representação das imagens mentais	88
5.6 CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS EDUCACIONAIS APLICADO A ALUNOS CEGOS CONGÊNITOS	89
5.6.1 O primeiro experimento	90
5.6.2 O 2º experimento	92
5.6.3 O 3º Experimento.....	96
6 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	101
6.1 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE.....	101
6.2 ANÁLISE DAS IMAGENS MENTAIS E SUAS REPRESENTAÇÕES	105
6.2.1 Representações do 1º experimento da aluna A1: etapa 1	106
6.3 ANÁLISE DOS GESTOS QUE ACOMPANHAM AS REPRESENTAÇÕES.....	111
6.3.1 Gestos de descrição da molécula de água para A1 no 1º encontro	112
6.4 RELAÇÃO ENTRE GESTOS E DRIVERS	115
6.5 O TERCEIRO EXPERIMENTO	120
6.5.1 Usando Modelo Atômico Convencional: 1ª etapa	120
7 RESULTADOS.....	125
7.1 ORGANIZAÇÃO DOS REGISTROS	126

7.2 RESULTADO INICIAL: O GESTO E SUA RELAÇÃO COM AS REPRESENTAÇÕES IMAGÉTICAS.....	127
7.2.1 Gestos	127
7.3 REPRESENTAÇÕES PRÓPRIAS E ATÔMISTICAS.....	132
7.3.1 Imagens mentais e suas representações para o aluno A1	132
7.4 A GEOMETRIA MOLECULAR E SUAS REPRESENTAÇÕES.....	138
7.4.1 A geometria molecular nas representações de A1 e A2 para o metano..	138
7.5 O RESULTADO PRINCIPAL: A INTERNALIZAÇÃO DE DRIVERS E REPRESENTAÇÕES SOBRE GEOMETRIA MOLECULAR.....	142
7.5.1 Geometria Molecular nas Representações de A1 e A2	142
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
REFERÊNCIAS.....	151
APÊNDICE A – E-MAIL ENVIADO ÀS CRES.....	161
APÊNDICE B –AUTORIZAÇÃO DOS INVESTIGADOS NA PESQUISA	163
APÊNDICE C –CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS EDUCACIONAIS REALIZADOS	165
APÊNDICE D –MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 1	168
APÊNDICE E –MODELO MOLECULAR CONVENCIONAL	170
APÊNDICE F –MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 2.....	172

1 INTRODUÇÃO

Se os meus olhos não me deixam obter informações sobre homens e eventos, sobre ideias e doutrinas, terei de encontrar uma outra forma. (LOUIS BRAILLE)

Na perspectiva de um dia se ter uma “educação para todos”, respeitando as singularidades e as necessidades próprias de cada um, o ensino para alunos cegos situa-nos no universo da diversidade e nele procuramos entender o ato educacional e sua ética, a partir da possibilidade da convivência com as diferenças e a importância de condições para que ocorra a inclusão.

A “Declaração de Salamanca¹”, considerado um dos mais importantes documentos de compromisso de garantia de direitos educacionais, que envolve princípios, políticas e práticas em Educação Especial, determina que as escolas devem acolher todas as crianças, independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sociais, emocionais ou linguísticas (BRASIL, 1994)

“A Educação para Todos”, anunciada neste evento, mudou a concepção da educação para alunos com deficiência, recomendando a “Escola Inclusiva”, o que torna necessário o desenvolvimento de metodologias, entre elas aquelas que disponibilizem aos alunos com deficiência visual (cegos e baixa visão) as mesmas oportunidades educativas que são oferecidas aos alunos videntes (BRASIL, 1994).

No Brasil, a Lei 9.394 conhecida como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB (BRASIL, 1996), teve como uma de suas finalidades atualizar as políticas educacionais do governo brasileiro quanto ao direito universal à educação para todos. O capítulo 5, artigo 59, incisos I e II desta lei, sobre a *Educação Especial*, com redação atualizada pela lei nº 12.796 de 04 de abril de 2013 (BRASIL, 2013), estabelece:

Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação:
I - Currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;
III - Professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns. (...)

¹Documento elaborado na Conferência Mundial sobre Educação Especial, em Salamanca, na Espanha, em 1994, com o objetivo de fornecer diretrizes básicas para a formulação e reforma de políticas e sistemas educacionais, de acordo com o movimento de inclusão social.

Desde então, a inclusão de alunos com deficiência vem sendo uma prática crescente, tornando-se positiva para todos, em particular para aqueles que nunca tiveram contato com a 'diferença', na medida em que produz elementos de busca alternativa para a adequação social de uma nova realidade escolar e, assim, permitir a este aluno tornar-se incluso na sociedade da qual faz parte (CAMARGO; SILVA, 2004).

Ao possibilitar a aprendizagem escolar para todos os alunos, com deficiência ou não, convivendo juntos em uma sala de aula regular, oportuniza-se o respeito e a aceitação da diferença como condições constitutivas de uma sociedade plural, a que Marques (2001) denomina de "paradigma da acessibilidade". No entanto, são necessários empenho e trabalho assíduo dos professores, das equipes diretivas das escolas e da família, devendo existir colaboração mútua e entendimento entre estes três segmentos para que assim possa ser assegurada ao aluno com deficiência uma escolaridade significativa (SCHWAHN; ANDRADE NETO, 2011). Segundo Stainback e Stainback (1999, p. 21), a inclusão é assegurada quando:

Educando todos os alunos juntos, as pessoas com deficiência têm oportunidade de preparar-se para a vida em comunidade, os professores melhoram as suas habilidades profissionais e a sociedade toma a decisão consciente de funcionar de acordo com o valor social da igualdade para todas as pessoas, com os consequentes resultados de melhoria da paz social. Para conseguir realizar o ensino inclusivo, os professores em geral e especializados, bem como os recursos, devem aliar-se em um esforço unido e consciente.

Sendo a escola o espaço no qual se deve favorecer o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento de competências, ou seja, a possibilidade de apreensão do conhecimento historicamente produzido pela humanidade e de sua utilização no exercício efetivo da cidadania, sua organização deve garantir que cada ação pedagógica resulte em uma contribuição para o processo de aprendizagem e a qualidade de ensino a cada um de seus alunos, reconhecendo e respeitando a diversidade e respondendo a cada um de acordo com suas potencialidades e necessidades (BRASIL, 2004).

Nessa perspectiva, é natural que se tragam para o debate os possíveis ganhos cognitivos que a utilização de uma didática inclusiva, que poderá favorecer a participação efetiva de todos os alunos, com ou sem deficiência, acarreta no processo de ensino e aprendizagem do aluno cego em classe regular (CAMARGO, 2012). Este

pode e deve ser um bom pretexto para ampliar um grande leque de valores ligados à cidadania, dos colegas da turma e da comunidade escolar.

O desenvolvimento desta tese baseia-se na necessidade de pesquisas sobre indícios de mudança ou não das concepções de estudantes cegos sobre geometria molecular em aulas regulares de Química na Educação Básica. Para tanto, considera-se importante reunir um conhecimento detalhado das representações mentais destes estudantes, antes e após a utilização de modelos moleculares, na busca por indicativos de transformações conceituais que possivelmente tenham ocorrido através de suas representações.

Este trabalho está dividido em oito capítulos. O primeiro contextualiza a investigação, situando o leitor desde o início, trazendo o problema de pesquisa, a justificativa e os objetivos da investigação. O capítulo dois aborda a revisão de literatura realizada ao longo deste doutorado, e abrange o período de 10 anos de publicações sobre o tema nos principais periódicos da área e em congresso de renome, o que possibilitou compor o estado da arte em termos do que vem sendo feito em relação ao ensino e aprendizagem de Química e ao aluno cego. Já o capítulo três descreve o aporte teórico: A Teoria Sociointeracionista, de Vygotsky, e A Teoria da Mediação Cognitiva, de Souza (2004), as implicações de cada uma dessas teorias na pesquisa e a relação existente entre elas. A abordagem teórica sobre o uso de modelos moleculares no ensino de Química e os conceitos químicos utilizados na construção do conjunto de atividades aplicados na intervenção pedagógica são apresentados no capítulo quatro. O capítulo cinco mostra os pressupostos metodológicos e as ações da pesquisa, de enfoque qualitativo, as características dos sujeitos investigados e a descrição do conjunto de procedimentos educacionais aplicados. A aplicação do conjunto de procedimentos proposto e os dados obtidos estão descritos no capítulo seis. O capítulo sete apresenta os resultados e suas análises. E, por fim, no capítulo oito apresentam-se as considerações finais com as reflexões e conclusões obtidas ao longo da pesquisa realizada.

1.1 MINHA TRAJETÓRIA ACADÊMICA

Ao relatar minha trajetória acadêmica, marcada por adaptações à deficiência visual que me acompanha desde o nascimento, neste item adoto a primeira pessoa do singular. Os primeiros anos de escolarização foram caracterizados por dificuldades

de aprendizado, que na época não foram relacionados à dificuldade de enxergar objetos e pessoas próximas e a grande distância. Depois, já com o diagnóstico de ambliope², que me permite enxergar 30% com o olho direito sem correção e com correção, 80%, e apresentando 1/10 de visão no olho esquerdo, o que não permite correção, “ver” se tornou um desafio constante em minha vida.

No Ensino Médio, cursei Auxiliar de Laboratório de Análises Químicas e, no Ensino Superior, cursei Licenciatura em Ciências que me habilitou a ser professora de Ciências e Matemática para as séries finais do Ensino Fundamental. Continuando minha formação, cursei Licenciatura Plena em Química que concluí em 1983. Ainda em 1983 ingressei no curso de Especialização em Educação Química, concluído em 1984.

Junto com a formação acadêmica, iniciei a carreira profissional como docente de Ciências e Química, em 1980, no Colégio Maria Auxiliadora, tradicional escola da rede privada do município de Canoas, Rio Grande do Sul. No ano de 1983 ingressei no serviço público estadual como professora concursada de Química para o Ensino Médio.

No ano de 1988, com o nascimento de minha filha, portadora de uma síndrome rara e certa de que nada acontece por acaso, me retirei da sala de aula, pedindo exoneração do serviço público e privado. Em 1999, retornei, novamente, à sala de aula como professora concursada da rede estadual de ensino do estado do Rio Grande do Sul.

Em 2006 ingressei no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), na qual cursei o Mestrado, ingressando no doutorado em 2010.

No mestrado, desenvolvi pesquisa com os processos de ensino e aprendizagem em Educação Química com ênfase na formação de professores, utilizando a metodologia POE (Predizer, Observar, Explicar), com o intuito de investigar e evidenciar as concepções de futuros professores quanto à importância da experimentação no ensino e na aprendizagem de Química.

Em 2010, ingressei no doutorado do mesmo programa, seguindo os caminhos da inclusão e do ensino e aprendizado de Química, dando enfoque ao aluno cego congênito ao investigar de que maneira este aluno constrói representações

²Ambliope consiste na diminuição da acuidade visual de um ou de ambos os olhos.

atomísticas químicas do tipo imagem visual de modelos bi e tridimensionais e a geometria molecular de estruturas químicas, para auxiliar numa melhor conceitualização do que é molécula no seu aspecto geométrico.

Com meu retorno à vida acadêmica e junto com a prática docente, pude externar minhas angústias profissionais frente às dificuldades que o aluno cego apresenta na compreensão de determinados conceitos químicos, e na falta de preparo dos docentes frente ao aluno com deficiência.

Junto com essa inquietação vieram os questionamentos em relação aos alunos de inclusão sobre como ocorre a construção do conhecimento químico e a compreensão deste conhecimento para sua inclusão educacional e social. Essa inquietação foi decisiva no momento da escolha do tema de pesquisa no doutorado.

Durante estes anos de intenso trabalho com a pesquisa pelo tema escolhido, não pude abandonar a sala de aula. Foram tempos difíceis, em especial os anos de 2012 e 2013, onde estive presente em sala de aula como professora de ensino médio da rede estadual e no ensino técnico do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, como professora substituta.

No segundo semestre do ano de 2013, além das 60 horas de sala de aula e por exigência do programa, por apresentar pouca experiência pedagógica como professora em nível de graduação, realizei o estágio docente na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), na turma da disciplina 901191 – EDUCAÇÃO INCLUSIVA – do 5º semestre, formada, no semestre citado, por 31 alunos oriundos dos cursos de Educação Física, Letras, Biologia, Química, História, Artes Visuais, Dança, Matemática e Psicologia, da Ulbra/Canoas, o que totalizou 68 horas de estágio docente.

O estágio docente permitiu refletir sobre a formação continuada do professor frente à diversidade, na perspectiva da inclusão do aluno cego e sobre a necessidade de inserção desses alunos no mundo das diferentes ciências e na sociedade, sem desprezo aos aspectos sensoriais e sensíveis envolvidos em tal formação.

Ao visualizar a educação inclusiva como um acesso igualitário aos bens educacionais, na rede regular de ensino, para todas as pessoas, incluindo as que possuem deficiência visual, cabe discutir uma proposta para o ensino e aprendizagem que garanta tanto a socialização destes alunos, como a aprendizagem e o desenvolvimento das suas potencialidades.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA DE INVESTIGAÇÃO

A importância do ensino de Química para alunos videntes e deficientes visuais se torna indiscutível, uma vez que a Química constitui uma linguagem indispensável para a leitura crítica dos contextos sócio, político e histórico que nos determinaram e que vivemos. Assim, ao questionar o ensino desta ciência para alunos cegos, marcado por uma série de eventualidades, a sua exclusão da escola regular separa este aluno do entendimento de tal linguagem, privando-o de um direito social e da possibilidade do exercício pleno de sua cidadania.

A construção do conhecimento químico por alunos cegos é indiscutivelmente uma questão que merece tratamento sistemático aprofundado, onde várias interrogações tais como aprendizagem escolar, ensino, etc., permanecem sem respostas (CAMARGO, 2000).

Apesar de a revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2 mostrar que a pesquisa voltada para a questão das pessoas com deficiência visual (cegos e baixa visão) e o ensino de Química estar muito inferior à de outras áreas, foi possível constatar um discreto aumento nas publicações sobre este tema, tanto no Brasil como no exterior, nos últimos anos, originando uma variedade nas temáticas e metodologias (SCHWAHN; SERRANO, 2011).

No entanto são praticamente inexistentes os registros sobre a construção do conhecimento químico em alunos cegos. As poucas publicações existentes sobre o aluno cego na área da Química dizem respeito a ensaios ou observações isoladas, mas ainda não com a significância que o tema necessita para ser considerada uma base de dados estruturada (SCHWAHN; SERRANO, 2011).

De acordo com Santos (2001), o número de trabalhos sobre este tema ainda é pouco, fazendo referência apenas à instrumentação adaptada a cegos, ou simplesmente na divulgação de projetos em desenvolvimento na área. Estas mostram algumas estratégias de adaptação e descrição de imagens, gráficos, tabelas, representações químicas, evidenciando a necessidade de adaptação de livros didáticos para o braile e a capacitação de professores para atuar com alunos deficientes visuais, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior.

Outras publicações dizem respeito apenas às instalações físicas inadequadas das escolas de educação básica como sendo um dos fatores que emperram o

processo de inclusão do aluno cego, o que leva muitos à evasão escolar (SCHWAHN; SERRANO, 2011).

Bachelard (1975) afirma que é inerente à natureza humana a constante busca da verdade, onde o conhecimento não se desenvolve por acúmulo de informações, com o desenvolvimento da ciência sendo um processo descontínuo, seguidamente temos que romper com conhecimentos anteriores, desconstruí-los, para, assim, construir um novo conhecimento.

O campo no qual nos detivemos, ainda que se coloque na perspectiva de análise do conteúdo transmitido, se reporta ao referencial epistemológico proposto neste estudo, aludindo que pouco adianta modificar metodologias de ensino sem enfrentar a discussão de como é feita a consolidação deste conteúdo.

Sendo a Química uma ciência que utiliza habilidades visuoespaciais, como ponto fundamental para a compreensão de diversos conceitos químicos (WU et al., 2001), parece menos paradoxal questionar se o cérebro de uma pessoa cega pode ver, ao colocar o significado de “ver” como sendo a capacidade de gerar representações mentais internas que podem conter detalhes visuais, onde “ver” não só exige o funcionamento dos olhos e de estruturas periféricas, mas também o funcionamento de estruturas cerebrais (CATTANEO, 2011).

Para Vygotsky (1997), a adaptação da pessoa cega se dá através da criação de uma configuração nova e peculiar da personalidade, que leva a novas forças, modificando as indicações normais de funções, reestruturando criativamente e organicamente a psique do homem.

O aluno cego congênito, sujeito desta pesquisa, apresenta uma peculiaridade entre os alunos com deficiência visual e a problemática do ensino em foco, uma vez que, por não possuir memória visual, constrói suas representações mentais de fenômenos químicos por meio de estímulos não visuais e das relações sociais que estabelecem com outros indivíduos com deficiência visual e videntes, captando, através dos outros sentidos, os sinais exteriores e decodificando-os (CAMARGO, 2012).

Para o conhecimento químico, a construção de representações mentais do tipo imagens mentais é interessante, visto que a linguagem química se fundamenta em parte em tais representações e o uso de modelos poderá auxiliar no processo de pensar sobre as representações do mundo físico para este aluno.

A importância no uso de modelos na construção do conhecimento científico é consagrada (BARNEA; DORI, 2000; JUSTI, 2009), e seu uso na Química é largamente disseminado, principalmente o de modelos atômicos, para tentar explicar o comportamento de um determinado fenômeno e assim produzir conhecimento (APPELT et al, 2009), possibilitando a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOUTLER apud FERREIRA; JUSTI, 2008).

Na literatura em Educação Química, Santos (2001) definiu modelagem molecular como a aplicação de modelos teóricos para representar e manipular a estrutura de moléculas, estudar reações químicas e estabelecer relações entre a estrutura e as propriedades da matéria.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Reflexões sobre a inclusão de alunos cegos congênitos no ensino regular mostraram a importância do uso de estratégias de ensino em uma sala de aula com alunos videntes e cegos (CAMARGO, 2012).

Nessa busca, foi possível perceber que a construção do conhecimento químico de alunos cegos poderá ocorrer através das representações de suas imagens mentais que trazem características semelhantes à percepção de alunos videntes (CATTANEO, 2011), colocando o foco desta pesquisa na maneira como um aluno cego congênito constrói essas representações mentais, do tipo imagem visual de modelos bi e tridimensionais de estruturas químicas, que compõem a linguagem deste campo de conhecimento e quais características tais imagens apresentariam.

Para Camargo (2005), algumas questões podem ser apresentadas de maneira ampla em relação ao ensino e aprendizagem para alunos cegos, como:

- Que tipo de atitudes podem ser adotadas a fim de se adaptar ou mesmo construir uma prática educativa que contemple as necessidades educacionais destes alunos;

- Que características devem possuir estas atividades de ensino que os motivem a estudar conteúdos relacionados à Química e em quais referenciais de ordem sensorial e educacional as citadas atividades devem ser estruturadas e conduzidas para que alunos cegos aprendam Química. Motivados pelas questões inerentes ao ensino de Química para alunos cegos, o problema que moveu esta pesquisa foi:

- De que maneira e com que características um aluno cego congênito constrói representações mentais, do tipo imagem visual de modelos bi e tridimensionais de estruturas químicas, que compõem a linguagem deste campo de conhecimento, após o uso de modelos moleculares em uma interação psicofísica-cultural-social?

1.3.1 Questões de investigação

No contexto da pesquisa centrada em atividades de investigação sobre possíveis modificações cognitivas em alunos cegos, quando estes utilizam modelos moleculares para representar suas imagens mentais, as questões que se pretende responder com este estudo são as seguintes:

1. Como um aluno cego lida com conceitos químicos computados sem 'ver'?
2. A construção de representações mentais visuais é feita exclusivamente por meio de observação visual?

1.4 OBJETIVOS

A Química, considerada a mais visual das ciências por fazer uso de uma grande variedade de representações como forma de expressar conceitos, utilizando para tal representações em 2D e 3D, relaciona estas à capacidade de visualização e com habilidades cognitivas em especial à habilidade visuoespacial, tornando-se uma barreira para o aprendizado de alunos cegos.

Dada a importância destas representações simbólicas na cognição de alunos cegos, apresentam-se os objetivos desta pesquisa.

1.4.1 Objetivo Geral

- Investigar as modificações que poderão ocorrer na estrutura cognitiva de alunos cegos congênitos em relação a determinados conceitos químicos, após a aplicação de um conjunto de procedimentos educacionais

fundamentados em uma mediação psicofísica-cultural (modelos moleculares) com o apoio da mediação sócio-cultural (professor).

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar como o aluno cego congênito expressa suas representações mentais durante o processo de aprendizagem;
- Identificar as imagens mentais que o aluno cego congênito utiliza, antes e após a aplicação do conjunto de procedimentos educacionais, através da linguagem verbal e gestual.
- Analisar como essas representações mentais podem auxiliar no desenvolvimento das habilidades relativas às representações 3D, na resolução de problemas de estereoquímica por um aluno cego congênito;
- Avaliar as modificações que tenham ocorrido na estrutura cognitiva destes estudantes, comparando as representações mentais anteriores e posteriores de cada atividade proposta.
- Investigar o aprendizado de representações atomísticas e moleculares de alunos cegos congênitos após o processo de ensino adaptado.
- Investigar o aprendizado de conceitos químicos relacionados à estereoquímica, tal qual isomeria geométrica, após o processo e ensino adaptado e eventual aprendizado de representações atomísticas e moleculares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura realizada para esta pesquisa teve como objetivo buscar publicações relacionadas ao aluno cego e o ensino-aprendizagem de Química na educação básica. Para tanto, o procedimento utilizado foi do tipo “estado da arte”, isto é, a investigação aqui apresentada analisa, num recorte temporal definido, as características da evolução histórica e os movimentos deste determinado campo de pesquisa, revelando continuidades e mudanças de rumo, tendências metodológicas, lacunas e uma área pouco explorada, detectando vazios e silêncios na produção científica, e indicando novos caminhos de pesquisa, dentre muitos outros aspectos (FERREIRA, 2002).

Para viabilizar o alcance do objetivo proposto para esta revisão de literatura, considerou-se pertinente a busca por publicações num período entre 2000 e 2015, nos seguintes periódicos: *Journal of Research in Science Teaching*, *Review of Educational Research*, *American Educational Research Journal*, *Chemistry Education: Research and Practice*, *Science Education Research*, *Journal of Chemical Education*, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *Ensenanza de Las Ciências*, *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Química*.

Buscou-se, também, publicações nos anais do *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC no período de 1997 a 2013*, por ser um evento de destaque nas pesquisas de ensino de ciências no Brasil.

Além destes periódicos, também foram consultadas as seguintes bases de dados: *ERIC (Educational Resources Information Center)*; *EBSCO (Academic Search Premier)*; *Google Scholar*.

A metodologia adotada para a pesquisa nestes periódicos e nas bases de dados foi buscar, a partir da ferramenta *search* das páginas destes na internet, as entradas de título e resumo que apresentassem o termo *blind* relacionado com *teaching, learning, methodology, inclusion, student, congenital, chemistry*, na busca por indícios de metodologias e aprendizado de pessoas portadoras de cegueira congênita.

No entanto, é possível que algumas publicações desta revisão tenham ficado de fora com o uso destes critérios, por não terem sido feitas todas as combinações possíveis com as palavras relacionadas à temática estudada.

Após a busca por publicações, com o foco no aluno cego frequentando o ensino médio, foram detectados artigos relacionados com o ensino e aprendizagem para alunos cegos e de baixa visão frequentando regularmente o ensino superior também, totalizando 31 trabalhos. Todos estes artigos foram selecionados por publicação em periódicos e em congresso e estão apresentados aqui.

Nas Atas dos ENPECs, no período de 1997 a 2013, foram encontrados nove artigos apresentados em comunicações orais e na forma de pôster, que relacionam o ensino e aprendizagem de Química e o aluno deficiente visual (cego e com baixa visão). A Figura 1, a seguir, traz as publicações encontradas nos ENPEC:

Figura 1 – Publicações nos ENPECs para a área da Química

ENPECs	PUBLICAÇÕES
V ENPEC – 2005	<p>A TABELA PERIÓDICA: UM RECURSO PARA A INCLUSÃO DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL Lorena Gadelha de Freitas Brito, Márcia Gorette Lima da Silva</p>
	<p>ENSINO DE QUÍMICA: PROPOSIÇÃO E TESTAGEM DE MATERIAIS PARA CEGOS Ilza Mara Barros Lourenço, Liliana Marzorati</p>
VI ENPEC – 2007	<p>ADAPTAÇÃO DE UM LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL Rejane Ferreira Machado Pires, Patrícia Neves Raposo, Gerson de Souza Mól</p>
	<p>ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM UM CURSO DE QUÍMICA: FATORES ATITUDINAIS COMO DIFICULDADES EDUCACIONAIS Eder Pires de Camargo, Sandra de Lima Ribeiro dos Santos, Roberto Nardi, Estéfano Vizconde Veraszto</p>
VIII ENPEC – 2011	<p>O DIÁRIO VIRTUAL COLETIVO: UM RECURSO PARA INVESTIGAÇÃO DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE DEFICIENTES VISUAIS Maria Alciony R. da S. Batista, Karla Amâncio P. Field's, Lucas D. da Silva e Anna M. Canavarro Benite</p>
	<p>O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS A DEFICIENTES VISUAIS Renata Cardoso de Sá Ribeiro Razuck, Loraine Borges Guimarães, Jeane Cristina Rotta</p>
	<p>CONSTRUÇÃO DE TABELA PERIÓDICA E MODELO FÍSICO DO ÁTOMO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL Luiza Quadros, Telma Novaes, Diego Libardi, Michel Adriano Rabbi, Laércio Ferracioli</p>
IX ENPEC – 2013	<p>ENSINANDO QUÍMICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA Maria Cristina Aguirre Schwahn, Agostinho Serrano de Andrade Neto</p> <p>ANÁLISE DE UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA SOBRE O CONCEITO DE SOLUÇÕES NO CONTEXTO DA DEFICIÊNCIA VISUAL Claudio Roberto Machado Benite, Amâncio Pinto Field's, Warlandei Carlos S. Morais, Kamylla Lira Cavalcante</p>

Fonte: A autora (2015)

A sistematização destas publicações permitiu observar que estas começam a partir de 2005 (V ENPEC), com dois artigos publicados para o ensino e aprendizagem de Química para alunos deficientes visuais, mostrando a importância do uso de material adaptado na construção do conhecimento químico. O tema abordado no artigo de Brito e Silva (2005), mostra a Tabela Periódica (re) elaborada com material adequado como um recurso para a inclusão de alunos com deficiência visual propiciando sua inclusão.

O outro artigo publicado neste ENPEC mostra a confecção e testagem de material didático constituído por uma tabela periódica, com inscrições em braile, contendo legendas texturizadas e um conjunto de bolas texturizadas que representam átomos de elementos químicos (LOURENÇO; MARZORATI, 2005). Este material permite ao aluno, através do tato e sob a orientação de um professor, simular como ocorrem as ligações químicas entre os átomos, representar espacialmente moléculas e cadeias orgânicas e identificar casos de isomeria. Dessa forma, a tridimensionalidade molecular pode ser melhor compreendida pelo aluno cego.

Os artigos publicados no V ENPEC (2005) abordam os poucos recursos didáticos, instalações físicas inadequadas como sendo alguns dos fatores que emperram o processo de inclusão, com alunos descobrindo a maneira fria com que são ministrados os conteúdos químicos vistos na educação básica, o que leva muitos alunos deficientes visuais à evasão. Estes dois artigos mostram a importância da elaboração de recursos didáticos, em particular a reconstrução da Tabela Periódica e a tridimensionalidade molecular, o que permite ao aluno, através do tato e sob a orientação de um professor, o conhecimento da simbologia e a simulação de ligações químicas entre átomos.

No VI ENPEC (2007) foram publicados dois artigos com a temática deficiência visual, as adaptações para o ensino de Química e as dificuldades de aprendizagem que estes alunos podem apresentar, mostrando a importância que vem sendo dada à interação social do aluno cego na construção do seu conhecimento químico.

O artigo de Pires e Mól (2007), sobre a adaptação de um livro didático de química para alunos com deficiência visual, apresenta algumas estratégias de adaptação e descrição de imagens, gráficos tabelas e representações químicas. Os livros didáticos de Química destinados ao Ensino Médio apresentam uma variedade de imagens e diagramas que implicam a necessidade de adaptação e a capacitação de professores para atuar com alunos cegos.

O outro artigo, de Camargo et al (2007), descreve e analisa situações educacionais vivenciadas por dois alunos com deficiência visual e frequentadores, em épocas distintas, de um mesmo curso de química, as reações do meio social universitário à presença dos mesmos, a estrutura físico-metodológica do referido curso, bem como as condições materiais fornecidas pela universidade para o atendimento de alunos com deficiência visual. Este artigo mostra, também, as dificuldades encontradas em frequentar o curso de Química, as quais estavam fundamentadas na estrutura física de aulas práticas realizadas no laboratório, na estrutura metodológica constituinte das aulas teóricas, na resistência docente de adaptação às condições educacionais destes alunos, no conhecimento dos docentes acerca das reais potencialidades e limitações de pessoas com deficiência visual, nos aconselhamentos para mudança de curso e na imposição implícita de pré-requisitos, como, por exemplo, o conhecimento da escrita braille para a continuidade do curso.

No VII ENPEC (2009) não foram encontradas publicações que relacionassem o aluno cego e o ensino de Química. Já em 2011, no VIII ENPEC, foi possível observar um discreto aumento nas publicações sobre esta temática, tendo sido encontrado um total de quatro artigos.

Neste encontro foi apresentado um artigo sobre formação de professores de ciências e o aluno deficiente visual (BATISTA; FIELD'S; SILVA; BENITE, 2011). Este trabalho apresenta elementos de uma pesquisa participante e tem por objetivo analisar o processo de produção de um diário virtual coletivo (blog) junto a um grupo de professores formadores, em formação e do ensino regular de Química, analisando suas narrativas sobre a inclusão de alunos deficientes visuais em aulas de Química. Também foram publicados dois artigos que propõem a discussão sobre a importância de aplicar recursos pedagógicos alternativos, que possibilitem aos deficientes visuais a compreensão e a construção do imaginário desta ciência e o uso de material didático adaptado para o ensino de modelos atômicos a deficientes visuais (RAZUCK; GUIMARÃES; ROTTA, 2011).

Já o artigo de Quadros et al (2011), com o objetivo de incluir de forma participativa alunos deficientes visuais nas aulas de Química, apresenta a construção de tabela periódica em braille e o modelo físico do átomo para ser aplicado nesta categoria de estudantes. Para a construção destes protótipos de instrumentos didáticos foram utilizados materiais alternativos, onde os estudantes deficientes visuais usaram o sentido do tato e da audição para explorar os materiais preparados,

visando motivar uma pesquisa mais ampla com maior amostragem na busca pela utilização de instrumentos didáticos construídos no processo de ensino-aprendizagem de deficientes visuais. E, por fim, um artigo sobre o aluno cego e as pesquisas direcionadas ao ensino e aprendizagem de Química em determinada linha de tempo (SCHWAHN; SERRANO, 2011).

No último ENPEC, o IX, ocorrido em 2013, foi apresentado apenas um artigo sobre o ensino de Química para alunos deficientes visuais. Este artigo (BENITE et al, 2013) considera a necessidade de ensinar química a todos os sujeitos que compõem as salas de aula – cegos e videntes. Este trabalho mostra como ensinar os conceitos sobre *soluções* no contexto da deficiência visual, utilizando para tal material didático adaptado. Ao analisar o processo de significação conceitual de alunos deficientes visuais numa aula de apoio, sobre a temática sugerida, os autores apontam que deficientes visuais organizam seus conhecimentos e desenvolvem autonomia desde que sejam apresentados ao mundo objetivo (conceitos químicos), a partir de considerações sobre suas especificidades.

Na seleção realizada com os artigos encontrados nos ENPECs, destacam-se os seguintes aspectos:

- ✓ Questões metodológicas referentes ao ensino de cegos;
- ✓ Estratégias de ensino para portadores de deficiência visual;
- ✓ Justificativas para a inclusão de cegos e portadores de baixa visão em classe regular;
- ✓ Concepções alternativas dos estudantes para aprendizagem de Química.

Segundo Vasconcellos (1993):

A percepção do espaço e as relações espaciais são parte integrante da vida do homem e dependem basicamente do sentido visual. O olho consiste no único canal de comunicação da informação visual. A imagem espacial não pode ser transcrita e comunicada pela linguagem convencional e por essa razão necessita uma linguagem gráfica própria passível de ser percebida pelo tato.

Estudos realizados por Camargo (2006) mostram a quase total ausência de pesquisas relacionadas a alunos com deficiência visual e o ensino de Química, Física e Biologia em sala de aula regular. Isso pode estar associado ao fato de a inclusão do

aluno deficiente visual, inserido na sala de aula regular, necessitar de um olhar mais atento por parte dos professores, uma vez que sua aprendizagem perpassa, necessariamente, pela formação de profissionais habilitados e capacitados para o ensino de alunos com necessidades educacionais especiais. O indivíduo com deficiência visual, desprovido de educação científica, encontra-se prejudicado no exercício de sua cidadania, impossibilitado e carente dos direitos que lhe permitem exercer o seu papel no mundo em que se encontra inserido (SORDI, 1995).

Para Camargo (2009), o professor, ao ter sua prática docente construída para um ensino que contemple estratégias metodológicas necessárias à inclusão de modo responsável, propiciará a promoção do processo de ensino e de aprendizagem, permitindo assim o surgimento de pesquisas que priorizem tais problemas relacionados à aprendizagem ou à construção/apropriação do conhecimento de alunos portadores de deficiência visual.

Já nos periódicos pesquisados foram encontrados 22 artigos publicados, o que permitiu observar a escassez de pesquisas relacionadas à educação para portadores de deficiência visual (cegos e baixa visão) e o ensino de Química. O mapeamento realizado mostrou que a inclusão de alunos portadores de cegueira ou baixa visão é um tema que apresenta um número não muito expressivo de trabalhos publicados, considerando a linha de tempo das publicações nas revistas pesquisadas.

De acordo com Santos (2000), o número de trabalhos sobre este tema ainda é pouco, sendo que a maioria encontrada se refere à instrumentação adaptada a cegos ou simplesmente a divulgação de projetos em desenvolvimento na área, para o ensino médio e superior.

A revisão de literatura realizada no periódico *Journal of Chemical Education* (JCE), periódico mais importante da área de Educação em Ciências em nível Internacional, em particular a Química, buscou as publicações que ocorreram no período que inicia em 2003 e vai até maio de 2015, tendo sido encontrados 20 artigos sobre a temática aqui pesquisada.

Ao realizar a leitura dos resumos das publicações encontradas no *Journal of Chemical Education*, pode-se enfatizar como assuntos relevantes encontrados, a preocupação dos professores quanto a:

- ✓ Metodologia referente ao ensino de Química para deficientes visuais;
- ✓ Material alternativo para o uso do laboratório;

- ✓ O uso de novas tecnologias para o ensino e aprendizagem de deficientes visuais;
- ✓ Acessibilidade;
- ✓ Ensino e aprendizagem de deficientes visuais em classes regulares.

A sistematização dos artigos encontrados permitiu visualizar que estes começam a partir de 2003, com a publicação do artigo de Pence, Workman e Riecke (2003), sobre duas experiências separadas com estudantes cujas deficiências, significativamente limitantes e o número de atividades laboratoriais que poderiam realizar de forma independente, mostraram a necessidade de estratégias que permitam aos alunos que enfrentam estas situações participar ativamente de uma aula experimental de Química. O estudo foi realizado com um estudante que possuía limitada mobilidade física e um estudante cego. Ambos receberam o auxílio de um assistente de laboratório, o que permitiu que os alunos com deficiência tivessem uma experiência de laboratório produtiva e positiva.

O artigo de Supalo (2005), para o ensino e aprendizagem de Ciências, faz a sugestão do uso de dois dispositivos de anotações portáteis que são frequentemente usados em sala de aula pelos alunos com baixa ou nenhuma visão: o *BrailleNote QT32*, projetado para ter saída de texto falado ou em braile, e o *PacMate* da *Freedom Scientific* utilizado como uma ferramenta equivalente a um assistente de dados pessoais (PDA) para alunos deficientes visuais. Este anotador também possui características tanto de saída de texto falado quanto em escrita braile atualizável, mostrando a importância da interação social na construção do conhecimento (SUPALO, 2005). Estas duas tecnologias fazem a adaptação da linguagem textual para uso de deficientes visuais. Em termos da classificação sugerida por Gabel (1998), trata-se de uma adaptação do nível simbólico/textual.

Em 2007 foram encontradas duas publicações. A primeira faz a relação de estudantes de graduação em Ciências com técnicas de correlação de dados, usando o som como um meio para o processo de aprendizagem. Considerando que as técnicas de visualização trouxeram a Química Computacional para o currículo de graduação, foi utilizada a resposta auditiva para pequenas diferenças de um sinal acústico (HOVICK, 2007); este trabalho traz outras representações simbólicas (gráficos) adaptadas. A segunda publicação descreve como alunos com deficiência visual foram recrutados para executar habilidades de laboratório normalmente

utilizadas em experimentos científicos, através do uso de sistemas computadorizados de alta qualidade (NEELY, 2007).

Em 2008, Graybill, Supalo e Mallouk escrevem sobre como adaptações criativas de baixo custo e técnicas pedagógicas promovem a inclusão e oferecem acessibilidade em sala de aula e no laboratório para os alunos cegos ou com baixa visão. As dificuldades encontradas por esses alunos incluem a manipulação de equipamentos de laboratório químico, execução de procedimentos normais de laboratório e uso de modelos de estrutura molecular, que normalmente envolvem observações visuais. As ferramentas de baixo custo descritas neste artigo podem ajudar os professores na utilização do laboratório e experiências em sala de aula, de maneira mais independente e recompensadora. Já Poon e Ovadia (2008) descrevem duas técnicas para relacionar conceitos visuais com representações táteis para ensinar química orgânica aos estudantes que têm baixa visão. Estas técnicas utilizam produtos alternativos disponíveis com o objetivo de facilitar a comunicação da química orgânica entre aluno e professor.

Em 2009 foram encontradas duas publicações. A primeira apenas traz a relação das publicações das últimas duas décadas, destacando a necessidade de adaptações e do uso de tecnologia acessível que permite a realização de experimentos por alunos deficientes físicos e visuais (CLAUSS, 2009). A segunda publicação deste período refere-se ao projeto de cegos (ILAB) da Universidade Estadual da Pensilvânia, onde o foco estava no desenvolvimento de ferramentas falantes e técnicas adaptativas para laboratório de ensino de Ciências (SUPALO et al, 2009).

Em 2010/2011 há um artigo publicado sobre o portal Web *MOLinsight*. Este portal é uma entrada para um *software* de código aberto, de livre acesso para os estudantes. Integra as ferramentas de *software NavMol* e outros que permitem a interconversão de formatos moleculares para processamento de estruturas moleculares pelos usuários cegos. O programa *NavMol* é um novo editor molecular para usuários com deficiência visual (PEREIRA et al, 2011). Assim, em 2010 surgem as primeiras ferramentas de construção de modelos computacionais para alunos cegos. Tais ferramentas trazem a adaptação de mais um nível, o microscópico (GABEL, 1998).

Em 2012 há três publicações. Uma sobre como utilizar um código de resposta rápida, empregando a tabela periódica fundamentada nos *podcasts RSC* disponíveis

on-line. O 5QR-APTE pode ser explorado como uma ferramenta de *mobile-learning*, ao utilizar um telefone inteligente, para introduzir a tabela periódica para alunos cegos e com deficiência visual e também para alunos videntes. Esta metodologia está prevista para se tornar uma ferramenta verdadeiramente poderosa no ensino de Ciências para alunos deficientes visuais (BONIFÁCIO, 2012).

Na segunda publicação deste período (2012), os autores abordam o uso do laboratório de Química Computacional Aplicada, acessível a alunos cegos e deficientes visuais que possibilita a estes trabalhar de forma independente. O trabalho descrito neste artigo traz adaptações que envolvem o uso de desenhos táteis e modelos moleculares, que mostram as ligações entre os átomos; descrevem também como o uso de um *software* específico pode converter estas conectividades em estruturas computacionais, contendo coordenadas tridimensionais que permitem a construção de modelos físicos por uma impressora 3D, em um processo que admite que um aluno cego ou com deficiência visual imprima um modelo químico por ele concebido ou estudado computacionalmente (WEDLER et al, 2012). Quando estas ferramentas são utilizadas adequadamente e de forma integrada, ao envolver os três níveis representacionais mostrados, criam possibilidades de o aluno deficiente visual trabalhar de forma autônoma, necessitando de uma ajuda mínima de outros colegas videntes (GABEL, 1998).

Na terceira publicação (2012) há o artigo de Boyd-Kimball sobre como instrumentos e técnicas para aulas adaptadas foram desenvolvidas para um aluno cego em um curso superior de Química. Estas adaptações permitiram ao aluno escrever sobre o equilíbrio de reações químicas, calculando conversões de unidade e concentrações, desenho de estruturas de Lewis, compreensão das representações estruturais de moléculas com modelos tridimensionais e identificação de grupos funcionais orgânicos.

Em 2013 foram encontrados escritos de Pereira et al (2013) mostrando estratégias pedagógicas específicas que respondem como estudantes com deficiência visual podem aprender química com o uso de tecnologias assistidas. A análise de espectros do infravermelho, acessíveis aos estudantes que são cegos e deficientes visuais (BV), e a informação visual destes espectros foram convertidos em sons usando os programas de código aberto *JDXview* v0.2 e CSV para conversor de MIDI. Nos espectros de infravermelho, o tempo é utilizado como um indicador de frequência do espectro, e a gama de frequências do instrumento musical selecionado

está correlacionada com a intensidade da banda correspondente às absorções. Esta abordagem permite a rápida identificação de grupos funcionais típicos ou conjunto de frequências relativas de um padrão estrutural particular numa molécula. Estas adaptações permitem que o aluno cego aprenda conceitos químicos à distância ou em atividades de sala de aula.

Harshman, Bretz e Yeziarski (2013) escrevem sobre o fato de a inclusão de alunos cegos ser foco de investigação recente, com uma grande parte abordando adequações amplas, em vez de conceber e testar estratégias pedagógicas específicas que respondam aos desafios únicos destes alunos para aprender Química. Neste artigo, os autores procuram identificar metodologias que apoiam ou impedem a representação da informação para os alunos cegos, no contexto de uma unidade típica sobre a *Lei dos Gases* em um curso de Química. Estes autores discorrem sobre a participação de um aluno cego em entrevistas, com o objetivo de fornecer *insights* sobre como símbolos, equações e conceitos químicos foram comunicados e interpretados. Achados identificados na análise de transcrições feitas dizem respeito a três modalidades de comunicação de interesse: verbal, escrita e representações táteis de informações para auxiliar o aprendizado nesta ciência.

Ainda em 2013, Supalo, Isaacson e Lombardi, escrevem sobre o encontro de 2011 na Universidade Towson, onde a Federação Nacional de Cegos permitiu que um grande grupo de jovens cegos participasse, durante cinco dias, de debates sobre ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Durante décadas, as pessoas com deficiência têm sido desencorajadas a considerar carreiras em campos relacionados com as ciências. Este artigo aborda a relação entre faculdade de ciências, professores de alunos com deficiência visual, os alunos com deficiência visual, e os pais destes alunos ou responsáveis legais. Trabalhando em conjunto, os principais interessados podem unir suas forças e conhecimentos para melhor desenvolver um plano de implementação para os estudantes com deficiência visual a serem bem-sucedidos (SUPALO; ISAACSON; LOMBARDI, 2013).

Em 2014 foram encontrados três artigos. O primeiro deles (WEDLER et al, 2014) destaca abordagens para tornar a química acessível a estudantes cegos. Comentários feitos por alunos e professores indicam que estes eventos permitem que alunos cegos, os quais em muitos casos têm sido desencorajados para as ciências, entendam que a Química pode se tornar acessível e que eles podem pensar sobre esta ciência em um nível comparável aos seus pares videntes. O segundo artigo

encontrado para 2014 (SUPALO; HILL; LARRICK, 2013) mostra como cursos de verão promovem o interesse em educação para estudantes cegos, onde as experiências de enriquecimento de ciência podem ser compartilhadas para e por estes alunos. Nestes cursos são apresentadas tecnologias inovadoras que foram desenvolvidos para fornecer um *feedback* falado para estudantes cegos envolvidos em atividades de aprendizagem em Química. Algumas atividades de síntese de polímeros foram projetadas com a intenção de serem observadas com o uso das mãos. Estas atividades foram apresentadas em diversos *workshops* recentes e podem ser reproduzidas e implementadas como parte de um curso de Química na escola ou usadas como demonstrações práticas para todos os alunos, cegos e videntes. Supalo e Kennedy (2014) publicaram o artigo sobre o uso de material alternativo disponível para fazer representações táteis de Química Orgânica e tornar esta disciplina mais acessível aos alunos cegos ou com baixa visão. Para estes autores, os cursos de química orgânica podem apresentar grandes obstáculos ao acesso para alunos com cegueira. Nos últimos anos, foram feitos esforços para representar conceitos de química orgânica em formas táteis para alunos cegos.

Para 2015 encontram-se duas publicações, o que mostra um certo crescimento nas pesquisas sobre o ensino de Química para o aluno cego. O primeiro deles, publicado em março deste ano, descreve as estratégias e técnicas usadas para ensinar com sucesso química inorgânica, na aula formal e no laboratório, a um estudante cego. O aluno ganha uma classe separada e um curso de laboratório; uma visão geral dos tópicos do curso é dada, seguida de adequações gerais e abordagens específicas que serão usadas. Estudantes assistentes participam destas aulas e são muito prestativos fornecendo apoio extra para o aluno cego. Os exemplos específicos e explicações detalhadas de abordagens que serão úteis para o estudante cego durante o curso inteiro são fornecidos. O estudante cego é beneficiado com extensa descrição verbal, figuras e diagramas, além disso, é beneficiado pela descrição tátil de figuras e modelos. Os estudantes assistentes e as horas de aulas extras são essenciais para que o aluno cego possa ter sucesso e se destacar em química inorgânica. As abordagens discutidas neste documento são o produto do *feedback* imediato e contínuo do aluno ao longo do semestre (MIECZNIKOWSKI et al, 2015).

O último artigo encontrado no JCE foi publicado em maio de 2015, onde seus autores (MINKARA et al, 2015) escrevem sobre a implementação de protocolos que

permitem a formação de Doutorado em Química e Física Computacional de graduados cegos.

Existe uma representação esparsa de alunos cegos no campo das ciências, tecnologias, engenharias e matemática, devido em parte aos indivíduos que estão sendo desencorajados a cursarem tais cursos, bem como a falta de recursos adaptativos apropriados nos cursos nível superior e de investigação. Mona Minkara é uma estudante do quinto ano de pós-graduação em química computacional na Universidade da Flórida. Ela também é cega. No artigo de Miecznikowski et al (2015) estão descritos os esforços realizados por uma equipe de universitários e estudantes, em conjunto com Mona, para adaptar diferentes partes do currículo de pós-graduação a fim de atender às necessidades de Mona. A consideração mais importante é a preparação prévia de materiais para ajudar com cursos e exames cumulativos. No artigo são apresentados os primeiros quatro anos de experiência de pós-graduação de Mona, esperando que isso possa ajudar no desenvolvimento de protocolos para futuros estudantes cegos de graduação em Química Computacional.

Com o número de artigos publicados no JCE foi possível verificar que o assunto sobre deficiência visual vem recebendo importância crescente por parte do professor atuante em sala de aula regular. Estudos realizados por Camargo (2006) mostram a quase total ausência de pesquisas relacionadas a alunos com deficiência visual em sala de aula regular e o uso de TIC, mostrando o interesse dos educadores na busca pela pesquisa de estratégias de ensino para melhorar a aprendizagem de alunos deficientes visuais.

Para Camargo (2004), a valorização do aluno cego e da sua estrutura cognitiva no processo de aquisição de conhecimento e também do professor através de uma prática educacional compromissada com um ensino que contemple estratégias metodológicas necessárias para que ocorra a inclusão de modo responsável, permitirá a promoção do processo de ensino e de aprendizagem, permitindo, assim, o surgimento de pesquisas que priorizem tais problemas relacionados à aprendizagem ou à construção/apropriação do conhecimento de alunos portadores de deficiência visual.

Já nos demais periódicos aqui pesquisados foram encontradas duas publicações. A primeira delas, no periódico “Ciência e Educação” (2013), trata do ingresso de uma aluna cega no curso de licenciatura em Química de uma universidade pública, mostrando os temores e ideias sobre inclusão e iniciativas em sala de aula por

parte dos docentes. Verificou-se que a educação inclusiva neste nível requer a reconstrução do sistema de ensino, com superação de várias barreiras pedagógicas. A maioria dos docentes apontou a carência de materiais didáticos e o despreparo para a interação com as necessidades específicas como causa principal da dificuldade na formação da discente cega. Apesar disso, a presença e a convivência desta aluna com os colegas contribuem para a formação de professores mais capacitados a lidar com as diferenças, por vivenciarem o processo de inclusão e, dessa forma, acreditarem que isso é possível e viável (REGIANI; MÓL, 2013).

A outra publicação encontrada, no *Chemistry Education: Research And Practice* (2013), mostra um trabalho sobre a compreensão de equações químicas desenvolvidas por três alunos com cegueira, que foram inscritos na mesma aula de química do ensino secundário. Estes alunos interpretaram e balancearam equações químicas, produziram diagramas usando símbolos em braile que forneceram uma visão sobre como eles visualizaram os vários componentes das equações utilizadas para representar reações químicas. Os resultados deste estudo sugerem que estes alunos possuíam conhecimento sobre as representações simbólicas de reações químicas que diferem daquelas da química pura (LEWIS, BONDER, 2013). Tais resultados sugerem, ainda, que as práticas pedagógicas atuais devem ser revistas para melhorar a compreensão conceitual que os alunos cegos e videntes devem adquirir, a fim de desenvolver as representações simbólicas usadas para descrever reações químicas.

Ao considerar a produção pequena para a área, percebe-se a necessidade de empenho no sentido de que mais pesquisas sejam desenvolvidas neste campo, onde a formação do professor, tanto inicial quanto continuada, possui um papel de grande importância no processo de ensino e aprendizagem. Para Omote (2000), o professor, como peça importante do processo educacional, necessita que tenha incluída na sua formação questões que o auxiliem a modificar suas concepções acerca da inclusão de alunos cegos, visando a uma maior qualidade de ensino.

Segundo Santos e Paulino (2006), o sucesso do processo inclusivo do aluno cego na sala de aula regular deve levar em consideração o papel do professor que, para promover a aprendizagem e potencialidades deste aluno, tem que estar preparado e assessorado na construção do saber, pois a aprendizagem transcorre, necessariamente, pela formação de profissionais capacitados para o ensino de alunos cegos.

O papel do professor, ao assumir a inclusão, deve permitir a adaptação ou mesmo a construção de uma prática educativa que contemple as necessidades educacionais dos alunos cegos. Esta prática educativa deve possuir características motivacionais variadas para que alunos cegos motivem-se a estudar conteúdos relacionados à Química e outras ciências.

Ao final desta revisão da literatura, verifica-se que das nove publicações nacionais encontradas, cinco priorizam a utilização de material adaptado para o ensino/aprendizagem de química para alunos com cegueira e baixa visão, três discorrem sobre intervenções pedagógicas sobre a inclusão de alunos cegos e uma publicação faz uma revisão de literatura sobre o tema.

Já as publicações de periódicos internacionais mostram a existência de trabalhos que utilizam diferentes estratégias de ensino de química, tais como o uso de programas computacionais, laboratório, modelos apenas para manipulação, impressora 3D, entre outras. Porém, não foram identificadas pesquisas relatando a forma como ocorrem e quando ocorrem estas possíveis evoluções cognitivas, em termos dos conceitos de geometria molecular.

3 O ALUNO CEGO E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

O foco deste capítulo provém de um duplo recorte do cenário amplo da cegueira e da inclusão educacional e escolar de alunos cegos congênitos. Para desenvolvê-lo, apresentam-se os conceitos fundamentais desta deficiência, incluindo aqueles que permeiam o universo educacional e os caminhos possíveis de encontro com a conceitualização do referencial teórico que embasa esta tese.

Com a finalidade de desmistificar a deficiência visual, e, por consequência, conhecer melhor o cego, apresentamos de início uma relação entre esta deficiência e os aspectos sociais e históricos. Tal esclarecimento de como será apresentado representa o primeiro passo para ações educativas, das quais destacam-se nesta tese aquelas relacionadas ao ensino e aprendizagem em Química.

Na perspectiva dos pesquisadores que se propõem a estudar a aquisição de conhecimento químico de determinados fenômenos pelo aluno cego congênito, sem compará-lo com o aluno vidente, ou mesmo, sem pensar como ele poderia alcançar o mesmo desempenho do aluno que enxerga, passa-se a abordar os dois referenciais teóricos que subsidiarão a presente pesquisa.

Ao enfatizar a importância da escola, do professor e da intervenção pedagógica na formação do sujeito, optou-se pela Teoria Sociointeracionista segundo a concepção apresentada por Vygotsky (1998). Em um período de sua vida, Vygotsky trabalhou com pessoas com deficiência o que possibilitou que sua teoria contribuísse para a compreensão de algumas das importantes questões atuais relacionadas a essas pessoas. As formulações de Vygotsky podem contribuir para o desenvolvimento de práticas pedagógicas construtivas, úteis e abrangentes que levem em conta não somente os aspectos qualitativos dos processos de aprendizagem, mas também fatores que possam afetar a aquisição de conhecimento por alunos cegos (VYGOTSKY, 1998).

Do ponto de vista da cognição, utilizam-se as contribuições da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) de Souza (2004), baseada na ideia de que a inteligência humana utiliza estruturas externas ao indivíduo (mediação) e não apenas o funcionamento cerebral, ao incluir mecanismos perceptivos para a codificação do conhecimento, além de processos para a manipulação, armazenamento, seleção e resgate de informações.

Considera-se, também, que esta investigação está fundamentada nos aportes teóricos da neurociência da deficiência visual (CATTANEO, 2011), ao abordar a pesquisa em imagens, a cognição espacial e os mecanismos cognitivos, levando em conta a possibilidade lógica de “visão” nos cegos, considerada como um processo imaginário ou uma estimulação cerebral, o que pode provocar alguma qualidade visual em cegos congênitos ao se falar em aquisição de conhecimento (CATTANEO, 2011).

3.1 CONHECENDO A CEGUEIRA

Em 2011, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estimou que o número de pessoas, de todas as idades, com deficiência visual é estimado em 285 milhões, dos quais 39 milhões são cegos (TALEB et al, 2012). No Brasil, os dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no censo de 2010, mostra que a deficiência visual afeta 18,6% da população brasileira, sendo que 1,6% são pessoas totalmente cegas (BRASIL, 2012).

O conhecimento de características, atitudes, potencialidades, especificidades, inerentes à pessoa com deficiência visual se faz necessário por serem verdadeiros paradigmas comportamentais e educacionais, ao constituírem obstáculos de interação entre videntes e pessoas com esta deficiência e, como consequência, o distanciamento entre os contextos sociais e educativos (CAMARGO, 2005).

Há várias classificações para a deficiência visual, que variam conforme as limitações e os fins a que se destinam. Para Munster e Almeida (2005), elas surgem para que as desvantagens decorrentes da visão funcional de cada indivíduo sejam minimizadas, pois apesar de as pessoas com deficiência visual possuírem em comum o comprometimento do órgão da visão, as alterações estruturais e anatômicas promovem modificações que resultam em níveis diferenciados nas funções visuais, que interferem de forma diversa no desempenho de cada um destes indivíduos.

A classificação da deficiência visual está relacionada com as funções visuais e com uma maior compreensão do funcionamento visual dos alunos. Estas funções abrangem: a acuidade visual (capacidade de distinguir detalhes, dada pela relação entre o tamanho do objeto e a distância onde está situado); a binocularidade (capacidade de fusão da imagem proveniente de ambos os olhos em convergência ideal, o que proporciona a noção de profundidade); campo visual (avaliado a partir da fixação do olhar, quando é determinada a área circundante visível ao mesmo tempo);

a visão de cores (capacidade para distinguir diferentes tons e nuances das cores); a sensibilidade à luz (capacidade de adaptação frente aos diferentes níveis de luminosidade do ambiente) e a sensibilidade ao contraste (habilidade para discernir pequenas diferenças na luminosidade de superfícies adjacentes) (MUSTER; ALMEIDA, 2005).

Estas classificações são definidas sob aspectos legais, médicos, educacionais e esportivos, sendo aqui conceituado de maneira detalhada o educacional pois é o que mais se aproxima do contexto desta pesquisa.

3.1.1 A deficiência visual: definições médicas e educacionais

Em 1972, a OMS criou as categorias de deficiência visual atualmente utilizadas em todo o mundo. De acordo com esta organização, o termo “cegueira” relaciona-se quando a acuidade visual, no melhor olho, e com a melhor correção óptica, é menor que 20/400 (0,05), ou seja, que vê a 20m de distância aquilo que uma pessoa de visão comum veria a 400m de distância (TALEB et al, 2012).

No Brasil, o Decreto nº 5.296, art. 70, de 02 de dezembro de 2004, deu nova redação ao art. 4º, inciso III, do Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, que passou a vigorar com a seguinte alteração quanto à classificação da deficiência visual (BRASIL, 2004):

Art. 4 (...)

III - deficiência visual - cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores.

A deficiência visual é definida como a perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão. O nível de acuidade visual pode variar, o que determina dois grupos de deficiência:

- Cegueira - há perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar, o que leva a pessoa a necessitar do Sistema Braille como meio de leitura e escrita.

- Baixa visão ou visão subnormal - caracteriza-se pelo comprometimento do funcionamento visual dos olhos, mesmo após tratamento ou correção. As pessoas com baixa visão podem ler textos impressos ampliados ou com uso de recursos óticos especiais.

Em termos clínicos, a deficiência visual pode ser vista em diferentes graus, podendo ser caracterizada como cegueira congênita e cegueira adquirida. A primeira refere-se àquela que nasce com a pessoa, ou seja, ocorre antes, durante o nascimento ou até os cinco anos de idade. A segunda, a pessoa adquire em qualquer outro período da vida que resulta em diferentes capacidades de processamento cognitivo (TOSIM et al, 2008).

Este fato deve ser considerado, visto que as diferenças entre cegos congênitos e adquiridos em relação a diferentes maneiras de representação resultam em diferentes capacidades de processamento cognitivo, o que ocasiona um vazio em relação à apreensão dos estímulos devido à ausência da percepção visual em cegos congênitos (CUNHA; ENUMO, 2003). Para Gonzales (2007, p. 102):

Os sujeitos com deficiências visuais são heterogêneos, se levarmos em conta duas características importantes: por um lado, o resíduo visual que possuem, e por outro, o momento de aquisição de sua deficiência, pois um sujeito cego de nascimento não é igual àquele que adquire essa condição ao longo da vida. Em função desse momento, seus condicionantes pessoais e suas aprendizagens serão totalmente diferentes.

A cegueira congênita, define-se, segundo Lowenfeld (ORMELEZI, 2000), quando adquirida desde o nascimento até os cinco anos de idade, visto que, segundo este autor, até essa idade as imagens visuais não podem ser retidas. De acordo com a idéia de Piaget (AMIRALIAN, 1997), até os seis anos (período operatório) a criança só forma imagens estáticas e não transformacionais e isso não permite que seja evocada uma memória de impressões visuais. Perdendo a visão até essa idade, não existe retenção de imagens visuais, pois a criança não poderá ter como base uma memória visual para suas construções mentais (ORMELEZI, 2006). Assim, justifica-se a escolha pelos sujeitos participantes desta tese.

No contexto educacional, pode-se enumerar:

- Pessoas cegas são as que empregam o braile;
- Pessoas com visão parcial são aquelas que usam material impresso;

- Visão que pode ser corrigida com óculos: o “defeito” não é considerado uma deficiência visual no sentido educacional.

Estes indivíduos estão aptos para que ocorra aprendizado desde que:

- Ocorram condições educativas específicas para sua aprendizagem no contexto escolar;
- O professor tenha preocupação diferenciada quanto a sua prática de ensino;
- Elaboração ou adaptação de métodos de ensino e formas de avaliação.

Para Kirk e Gallagher (1991), esta classificação é baseada em um padrão de eficiência visual, que é de certo modo abstrato, sendo utilizada, cada vez mais, uma definição funcional que enfatiza os efeitos da limitação visual sobre a habilidade crítica da leitura.

O instrumento padrão usual utilizado para medir a acuidade visual é a Escala de Snellen, também conhecida como optótipo de Snellen ou escala optométrica de Snellen, desenvolvida em 1862, que consiste em fileiras de letras de tamanhos decrescentes que devem ser lidas a uma distância de 20 pés (BRASIL, 2008).

O Brasil, por ser signatário da Convenção de Guatemala (BRASIL, 2001), prevê a eliminação da discriminação e busca o favorecimento da integração na sociedade do aluno com deficiência.

Ao assegurar uma educação de qualidade, através de um currículo apropriado, arranjos educacionais, estratégias de ensino, uso de recursos e parceria com as comunidades, o documento Regras Padrões sobre Equalização de Oportunidades para Pessoas com Deficiências denominou esta escola de ‘Escola Inclusiva’ (BRASIL, 1994).

Seibert (2014) afirma que uma Escola Inclusiva não deve possibilitar apenas o desenvolvimento de habilidades essenciais para a conquista de uma maior autonomia, mas também investir na possibilidade de contribuir com a evolução intelectual do aluno com deficiência.

Ao permitir que alunos com deficiência comessem a procurar a inclusão em classes regulares (BRASIL, 1994), ficou evidente a falta de preparo de professores, a

falta de práticas metodológicas e de materiais pedagógicos para que a escola possa ser considerada efetivamente inclusiva (BERTALLI, 2008).

A busca de soluções para as necessidades específicas do aluno cego, em conjunto com a viabilização do processo de ensino-aprendizagem, favorece a inclusão deste aluno, onde as adaptações devem focalizar as capacidades, o potencial e não centralizar nas deficiências e limitações do aluno, como tradicionalmente ocorria (BRASIL, 1999).

De acordo com os PCN (1999), são urgentes as adaptações significativas do currículo para atender as necessidades do aluno cego, já que estas necessidades podem ser mais acentuadas e não se solucionarem com medidas curriculares menos significativas.

Ainda de acordo com os PCN (1999), de um modo geral existe a necessidade de estratégias educacionais quando o aluno cego apresenta dificuldades na aprendizagem, como resultado, entre outros fatores:

- Da defasagem entre a sua competência curricular e a de seus colegas;
- Da discrepância entre as suas necessidades e as demandas das atividades e expectativas escolares;
- Da crescente complexidade das atividades acadêmicas, que vai se ampliando na medida do avanço na escolarização;
- De alguma outra morbidade que pode acompanhar a cegueira.

Para Fernandes e Healy (2007), as adaptações necessárias tanto aos conteúdos curriculares como ao processo avaliativo são previstas nos PCN (BRASIL, 1999), não apenas a livros didáticos já com a grafia braile, mas, também, a materiais pedagógicos de uso comum como lupas, computador com sintetizador de voz e periféricos adaptados, recursos ópticos, que poderiam ser usados não só pelos alunos cegos mas também pelos videntes, oferecendo a todos uma abordagem experimental da Química e assim permitindo que o aluno cego sinta-se incluso.

Ao receber os estímulos adequados, através de estratégias e materiais didáticos que lhe possibilitem empregar outros sentidos, como o tato, a fala e a audição, o aluno cego se torna apto a aprender, desde que se respeite a singularidade do seu desenvolvimento cognitivo. É preciso estar consciente de que as principais dificuldades não são necessariamente cognitivas, mas sim de ordem material e técnica, e que frequentemente, condicionam o ritmo de trabalho de um aluno cego na hora de adquirir conhecimento.

3.2 O ALUNO CEGO E O ENSINO DE QUÍMICA

O tato consegue ensinar as texturas, os formatos de pequenos objetos. O olfato também fornece informações igualmente importantes para reconhecer ambientes. Baseada nessas possibilidades, a aprendizagem não apresenta entraves. Mas a Química é considerada uma ciência abstrata mesmo para quem enxerga. A energia atômica, por exemplo só é explicada pela reflexão e pela linguagem, mesmo para videntes. O aluno cego também vai transitar por aí. Como ensinar o que são átomos, ligações, geometria e outros conceitos químicos a alunos cegos congênitos?

Ao considerar a inclusão total de alunos cegos nas escolas, é razoável supor que uma educação científica para estes alunos exija reestruturação nas condições de acessibilidade no que tange aos aspectos físicos e metodológicos.

Gabel (1998) propõe que o aprendizado em Química está ligado à aquisição de conceitos e fenômenos em três grandes diferentes níveis representacionais. Esta hipótese de trabalho tem se confirmado nas últimas décadas e desde então o uso de representações nos níveis simbólico, microscópico e macroscópico tem sido utilizado durante o processo de ensino de Química.

Ao envolver os três níveis representacionais nas transformações químicas, o aluno caracteriza o nível sensorio pelos aspectos macroscópicos tais como experimentos observáveis e mensuráveis; já no nível simbólico, as representações são feitas através de símbolos, equações, coeficientes, gráficos e números criados para representar as transformações químicas. O nível microscópico será a representação do comportamento cinético-molecular (partículas, átomos, íons e moléculas) da transformação química (GABEL, 1998).

A percepção sobre a importância e a maneira de ensinar Química passou décadas apoiada na reprodução dos mesmos padrões, onde os fenômenos naturais poderiam ser compreendidos com base apenas na memorização de conceitos o que torna o aprendizado difícil para alunos videntes e também para alunos cegos, que fazem dos outros sentidos parte integrante na construção de seu conhecimento. Alunos, sejam eles videntes ou cegos, por não possuírem a habilidade de visualizar as representações químicas, são incapazes de transferir uma dada representação química de um nível para outro (SANTOS; GRECCA, 2005).

Wu (2004) ressalta que o ensino de química enfatiza o aprendizado condicionado à informação verbal, deixando as representações visuoespaciais em segundo plano, como se o uso de imagens implicasse a aprendizagem tácita dos conceitos.

Ao considerar que representações visuoespaciais fornecem um meio de simular os fenômenos químicos que não podem ser captados por nossa visão, a aprendizagem de química será efetiva levando em conta a habilidade do professor em explicar conceitos abstratos e complexos e, também, a habilidade dos alunos, videntes e cegos, em compreender tais explicações, possibilitando que as representações visuoespaciais possam ser empregadas no auxílio deste grupo de alunos, facilitando a aprendizagem de conceitos químicos pela construção de seus próprios modelos mentais (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

Assim, ensinar química para alunos cegos é confrontar-se com a diversidade, onde cada aluno é único em sua forma de pensar e aprender (BEYER, 2005), onde a responsabilidade do professor está na busca de estratégias reais que possibilitem a compreensão dos conteúdos de Química por este aluno (BEYER, 2005).

De um modo geral, existe a necessidade de estratégias educacionais adequadas para o ensino do cego, fundamentadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), da crescente complexidade das atividades acadêmicas que vai se ampliando, na medida em que ocorre seu avanço na escolarização (BRASIL, 1999), e também das características da Química enquanto ciência.

As adaptações necessárias, através do uso de estratégias e materiais didáticos, para o ensino-aprendizagem em relação aos conteúdos curriculares previstas nos PCN, permitem ao aluno cego receber estímulos e assim empregar os outros sentidos, como o tato, a fala e a audição. Dessa maneira, criam-se possibilidades a este aluno, tornando-o apto a aprender, desde que seja respeitada a singularidade do seu desenvolvimento cognitivo. É preciso estar consciente de que as principais dificuldades não são necessariamente cognitivas, mas sim de ordem material e técnica, e que, frequentemente, condicionam o ritmo de trabalho de um aluno cego na hora de aprender Química.

Essas adaptações permitem ao professor, ao planejar suas atividades docentes, poder efetuar pequenos ajustes dentro do contexto normal de sala de aula, onde as adequações curriculares realizadas na escola são consideradas menos significativas, porque constituem modificações menores no currículo regular e são

facilmente realizadas; ainda, algumas acomodações importantes são consideradas como medidas preventivas, entre elas: uso de computador com sintetizador de voz, *softwares* educativos em tipo ampliado, livros no formato *Daysi* e MP3, impressora 3D, permitem ao aluno cego aprender os conteúdos químicos de maneira mais ajustada às suas condições individuais, para prosseguir na sua carreira acadêmica, evitando o seu afastamento da escola regular (BRASIL, 1999).

No entanto, dificuldades sempre se farão presentes no aprendizado em Química pelos alunos cegos, e isso pode estar relacionado ao fato de os currículos escolares contemplarem apenas alunos videntes. Um exemplo está nas transformações que acontecem com as partículas da matéria, fenômenos que ocorrem em dimensões não perceptíveis por nossos sentidos, não sendo possível vê-los nem com o mais potente dos microscópios. É necessário realizar processos análogos àqueles que estão sendo estudados, para que o aluno possa compreender o que acontece com partículas tão pequenas, utilizando-se de partículas maiores para poder tocá-las e assim construir seu conhecimento. Para isso, o uso de modelos tais como objetos, aparelhos, representações planas e espaciais, programas de computador ou imagens mentais torna-se importante ao auxiliarem no ensino e aprendizado de alunos cegos congênitos.

Pode-se citar, como exemplo prático, a construção de um modelo de concentração de soluções, onde os recipientes das soluções são representados por saquinhos de plástico transparentes; as partículas de solvente são representadas por grãos de arroz e as partículas de soluto por grãos de feijão. Ao misturar, em diferentes saquinhos de plástico, diferentes quantidades de grãos de arroz e feijão é possível mostrar não apenas visualmente, mas, também, usando o tato, diferentes concentrações.

De acordo com Cattaneo (2011), a percepção visual original e imagens mentais compartilham muitas características. No entanto, também podemos criar facilmente uma imagem mental de algo que nunca vimos: por exemplo, quando o professor descreve determinada reação química, podemos claramente "visualizar" em nossa mente como ela ocorre. Como nossos processos de imagens são principalmente em forma visual, isto não significa que um aluno cego não possa experimentar as representações mentais descritas pelo professor (CATTANEO, 2011).

Ao se falar em ensino de Química inclusivo, não se pode esquecer as especificidades de comunicação apresentadas pelos alunos cegos e sua relação quanto à observação dos aspectos de linguagem que são específicos das ciências.

A palavra escrita, para Vigotsky (1998), exige dupla abstração: do aspecto sonoro da linguagem, requerendo uma representação destes símbolos sonoros, onde a motivação precisa ser criada, representada no pensamento, voluntária e arbitrária, e do interlocutor, que é imaginário ou idealizado. Já a linguagem falada é motivada pela necessidade da conversação.

Assim, acreditando que alunos cegos congênitos podem ser atendidos no âmbito da escola regular, existe a necessidade de que os sistemas educacionais se modifiquem, não apenas revendo suas atitudes e expectativas em relação a esses alunos, mas que se organizem para constituir uma escola para todos e que de fato gerem condições de igualdade social.

3.3 A TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Por ter trabalhado, em um período de sua vida, com pessoas com deficiência, Vygotsky contribuiu para a compreensão de algumas das importantes questões atuais relativas ao atendimento educacional de alunos com necessidades educacionais especiais. Um exemplo disso é a possibilidade de conseguir avanços na aprendizagem de alunos cegos, através do desenvolvimento de um currículo que permita o uso de estratégias pedagógicas que favoreçam a construção do conhecimento por estes alunos.

Vygotsky (1997) possuía também características construtivistas em oposição aos comportamentalistas do início do século XX, apesar de muitas vezes ter sido apontado como neocomportamentalista. Sua temática central gira em torno da aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio, ao ponderar que o ensino e aprendizagem só podem ser considerados quando o conhecimento transmitido ao aluno for aquilo que ele não pode descobrir sozinho. Com este pensamento defendeu o caráter essencialmente humanizado da imitação ou repetição (VYGOTSKY, 1998).

No entanto, ao falar em imitação podemos questionar se as aprendizagens meramente mecânicas, que ocorrem no cotidiano das salas de aula, não seriam um modo de mostrar que a imitação não incentiva o desenvolvimento intelectual do

estudante, tornando seu aprendizado apenas um conjunto de conceitos repetidos exaustivamente ao longo de sua vida escolar.

É neste momento que o professor, no seu papel de educador, deve ser capaz de distinguir entre o que está sendo aprendido, reproduzido ou imitado pelo estudante, visto que a imitação reproduz apenas alguns aspectos semelhantes aos dos conhecimentos estudados, aspectos esses que perdem sua significação ao serem apreendidos de forma dissociada dos processos intelectuais que estão na sua origem.

Com estes significados, fica claro que a imitação não pode ser associada ao conceito de aprendizagem, pois não possibilita ao estudante a reprodução de traços essenciais do conhecimento do objeto de estudo.

Relacionando o conceito de imitação com a teoria vygotskyana, não se pode deixar de mencionar também o principal elemento de estudo desta teoria, conhecido como “Zona de Desenvolvimento Proximal” (ZDP), por destacar alguns aspectos considerados importantes para o aprendizado e que objetiva mostrar o esforço do autor quanto à hipótese acerca do papel fundamental atribuído pela sua escola à transmissão do conhecimento socialmente existente. Vygotsky (1997) demonstra esse conceito ao analisar o ensino e o desenvolvimento intelectual do aluno.

3.3.1A aprendizagem segundo Vygotsky

Vygotsky desenvolveu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), onde o foco é a relação do Desenvolvimento com a Aprendizagem, usando para isso uma abordagem genética do desenvolvimento psicológico ao analisar as relações entre o ensino e o desenvolvimento intelectual na idade escolar, mostrando que é necessário não se deter apenas naquilo que já amadureceu, mas também apreender aquilo que ainda está em processo de formação. Propõe a existência de dois níveis de desenvolvimento: o atual e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (VYGOTSKY, 1997).

Defendeu também a ideia de que o meio social não é apenas mais uma variável no desenvolvimento cognitivo, mas sim a base deste desenvolvimento, não considerando que o indivíduo se socialize pelo cognitivismo, mas que a socialização se desenvolve nos processos mentais superiores, afirmando, assim, que a nossa consciência é de natureza social e cultural (VYGOTSKY, 1998).

Ao prever a participação ativa dos sujeitos no processo de ensino-aprendizagem, tendo como resultado a interação e a busca por conhecimento, Vygotsky sustentou-se no materialismo histórico como forma de explicar como devem ser mediadas as atividades pedagógicas para que se obtenham resultados de aquisição de conhecimento.

Segundo Wertsch (1993), a teoria defendida por Vygotsky apresenta aspectos fundamentais ao utilizar um método genético ou de desenvolvimento, onde as funções mentais mais elevadas do indivíduo emergem de processos sociais e psicológicos formados através de artefatos culturais, resultando na mediação entre os indivíduos e o meio físico que o envolve (COLE, SCRIBNER, 1978).

Ao falar em artefatos culturais, Vygotsky (1998) considera que sua construção ocorre social e culturalmente, o que influencia quem utiliza estas ferramentas e o contexto social que o cerca. Isso pode ser explicado pelo fato de que todo artefato ou ferramenta traz uma carga cultural anterior, que foi utilizada na concepção e construção desta nova ferramenta, levando a novas formas de ação por parte do indivíduo que os interioriza. De acordo com Vygotsky, existe uma forte correlação entre o indivíduo e o contexto global que o envolve.

Para Vygotsky (1998), a reconstrução interna das operações externas faz-se através da internalização ou interiorização destes novos artefatos culturais, a qual consiste numa sequência de operações que induz à transformação do processo interpessoal em intrapessoal, levando a novas formas de ação por parte do indivíduo que as interioriza.

Nesta ordem de ideias, não faz sentido estudar o desenvolvimento psicológico separado da compreensão das circunstâncias culturais, as quais o indivíduo cresce e se desenvolve mostrando o fato de a atividade socialmente organizada conduzir à construção da consciência, onde as estruturas cognitivas e sociais são compostas e residem na interação entre os indivíduos (MEHAN, 1981).

Da teoria defendida por Vygotsky (1998), há que se referir também a existência de conceitos científicos e espontâneos (de todos os dias). Os primeiros são adquiridos por via da escolarização formal, enquanto os segundos são apreendidos através das interações cotidianas.

Nessa perspectiva, o sujeito, na sua relação com o outro, constituído pelas significações culturais, se apropria, de forma singular, do conhecimento, com significados para ele e para o outro. Nesse sentido, o sujeito é constituído pelas

significações culturais que acontecem a partir do momento em que a sua constituição individual não se dá por mera transposição dos valores socioculturais, e sim por um movimento denominado “apropriação”.

Evidenciando os aspectos sociais da aprendizagem, Vygotsky faz uma abordagem educacional que enfatiza a interação do sujeito com o meio social, para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento das habilidades pedagógicas, visando ao atendimento das necessidades de todos os alunos.

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) compreende tudo aquilo que a criança não faz sozinha, mas consegue fazer imitando o adulto (VYGOTSKY, 1998). No entanto, um dos aspectos que Vygotsky apresenta como de grande importância é o das consequências deste conceito para a relação entre desenvolvimento e aprendizagem escolar, criticando a aprendizagem que se limita ao nível de desenvolvimento atual e determina que o bom ensino seja aquele que trabalha com a zona de desenvolvimento próprio

3.3.2 Vygotsky e a pessoa com deficiência

Pessoas com deficiência ocupam um lugar de destaque no conjunto da obra de Vygotsky. Sua produção sobre deficiência foi realizada, na maior parte, entre 1925 e 1929, e trata do desenvolvimento psicológico e da educação de pessoas com deficiência. Seu interesse por essas questões decorria, principalmente, de suas preocupações científicas, na busca da compreensão sobre o desenvolvimento psicológico em crianças com deficiência (KOZULIN, 1990).

Era fundamental para o projeto intelectual de Vygotsky propor uma teoria geral do desenvolvimento humano que permitisse a compreensão dos aspectos da gênese social do funcionamento psicológico superior. Isso está explícito na análise que fez da linguagem no desenvolvimento de surdos e cegos.

Os estudos de Vygotsky sobre a deficiência visual e as discussões sobre esta deficiência não podem ser caracterizados apenas pela ausência da visão, mas pela ausência de um sentido considerado social por atuar como mediador entre indivíduo e sociedade, com importante função na comunicação e na interação das pessoas (VYGOTSKY, 1997).

Para Vygotsky (1989), a aprendizagem tem um papel fundamental para o desenvolvimento do conhecimento, onde todo e qualquer processo de aprendizagem é ensino e aprendizagem, numa relação aluno-professor.

No entanto, Vygotsky (1989) afirma que a deficiência cria barreiras diferentes para o desenvolvimento orgânico e para o desenvolvimento cultural. Para ele, a cegueira não é meramente a ausência da visão (o fracasso de um órgão isolado), mas sim como a causa da total reestruturação de todas as potencialidades do organismo e personalidade.

O conhecimento sobre a cegueira tem buscado a verdade, permitindo a evolução a cada desilusão histórica, representando uma compreensão não somente do dever, mas também da natureza psicológica do homem em geral. Para Vygotsky (1978), a visão científica sobre a psicologia da cegueira, desde a antiguidade até os dias atuais, nesta linha de tempo, desapareceu e ressurgiu novamente com um novo ganho científico. Ao revisar as perspectivas teóricas de seu tempo sobre o desenvolvimento e a educação de cegos, Vygotsky (1997) nega a noção de compensação biológica do tato e da audição em função da cegueira e coloca o processo de compensação social centrado na capacidade da linguagem, na tentativa de superar as limitações produzidas pela impossibilidade de acesso direto à experiência visual.

A cegueira muda as tendências normais de funcionamento, refazendo e transformando a mente de uma pessoa, não sendo considerado um mero defeito, um menos, uma fraqueza, mas a origem de manifestações de habilidades, uma força. O deficiente visual, desde a Antiguidade, se depara com transformações em suas concepções e na prova da capacidade de seu desenvolvimento cognitivo e social.

Para Vygotsky (1997), não há diferença fundamental entre um vidente e um cego. Esta é a posição mais importante na psicologia e pedagogia do cego, pois o processo completo de desenvolvimento é idêntico para uma criança cega e para uma criança vidente, e sua necessidade de lutar e vencer um obstáculo provoca um aumento de energia e força. O reflexo dirigido permanece para acrescentar que não somente o objetivo final e todos os caminhos do desenvolvimento conduzem a ele mesmo, é exatamente igual para uma pessoa cega e para uma pessoa vidente; a origem principal da qual este desenvolvimento extrai seus conteúdos é o mesmo para ambos – a linguagem.

Como conclusão, Vygotsky (1997) afirma que a cegueira, como uma anormalidade orgânica, dá ímpeto para os processos compensatórios, conduzindo para a formação de uma série de peculiaridades na psicologia do cego e na reorganização das funções individuais do ponto de vista dos objetivos básicos da vida, onde cada função individual na constituição psicológica de uma pessoa cega possui suas próprias características e de grandes significados em comparação com o vidente.

Stern (apud VYGOTSKY, 1997) aceitou a doutrina da compensação e explicou como da fraqueza vem a força, das deficiências – méritos.

Em uma pessoa cega a habilidade para distinguir pelo toque é refinada em um modo compensatório, não por um aumento atual da estimulação nervosa, mas pela prática repetida na observação, na avaliação e diferentes compreensões.

Bürklen (apud VYGOTSKY, 1997), na relação que faz com o fracasso psicológico, descreve dois tipos básicos de pessoas cegas: aquela que luta arduamente para diminuir ou eliminar totalmente o espaço que a separa de uma pessoa vidente; a outra, ao contrário, reforça sua diferença e necessita de reconhecimento para esta forma especial de personalidade, que concorda com uma experiência de outra pessoa cega.

Aqueles que dizem que uma pessoa cega compreende mais sobre o mundo visual do que os videntes sobre o mundo estão corretos. Tal compreensão seria impossível, se o desenvolvimento de uma pessoa cega não se aproximasse daquele de uma pessoa normal.

Para Vygotsky (1997), não era objetivo iluminar completamente a psicologia do cego, mas comentar a questão central do problema, o vínculo, as dificuldades com as quais todo estudo sobre a cegueira e todas as linhas da constituição psicológica da pessoa cega têm sido fixadas. A base disso está no conceito não científico da compensação, que traz a ideia de que o “defeito” leva em si a possibilidade de aprendizagens adaptadas ao seu desenvolvimento.

O que então distingue uma concepção científica deste problema de uma concepção não científica? Se o mundo antigo e o Cristianismo pressentiram a solução para o problema da cegueira nos poderes místicos da alma, se a teoria biológica ingênua a pressentisse como uma compensação orgânica automática, então a formulação científica desta ideia seria de que a cegueira é um problema social e psicológico. Segundo Vygotsky (1997, p.136): “En lós niños con insuficiencias, la

compensación sigue direcciones totalmente diferentes según cuál sea la situación que se ha creado, en qué medio se educa el niño, que dificultades se le presentan a causa de esa insuficiencia”.

Uma educação orientada tira o cego do isolamento imposto pela sua deficiência, possibilitando que seu aprendizado saia da escola especial para a escola inclusiva, organizada para que isso ocorra sobre os mesmos termos da educação de qualquer criança capaz de um desenvolvimento normal, tornando-o um ser socialmente aceito e, assim, eliminando o rótulo e a noção de “defeituoso” fixado ao cego.

Para Vygotsky (1998), a escola deve possibilitar ao cego sua inclusão no trabalho social, não em forma degradante, filantrópica ou orientada para a invalidez (como tem sido a prática padrão até agora), mas em formas que correspondam à essência verdadeira do trabalho e sua participação ativa na sociedade da qual faz parte.

Para Masini (2003), a aprendizagem ocorre quando o professor atento aos significados (emocionais, interesses, valores, linguagem e hábitos) dos alunos cegos, introduz um novo conhecimento e permite que relacione os conteúdos novos com aqueles que já possuem e assim criem significados para este novo conhecimento.

Relacionando a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky com o ensino de Química para alunos cegos, criam-se perspectivas ao desenvolvimento e aprendizagem significativa de conceitos até então só adquiridos com o uso da visão e a transposição de limites que bloqueiam o desenvolvimento deste aluno deficiente visual, tornando o ensino mais dinâmico.

Para Camargo (2007), o ensino de Química encontra dificuldades explícitas no seu planejamento para contemplar alunos cegos, ao apresentar poucas adaptações estruturais ou atitudinais de sentido institucional que contemple este aluno. Para ele, isso está fundamentado ao aspecto metodológico das escolas ditas inclusivas e também ao aspecto atitudinal do professor, ao se depararem com alunos cegos em suas aulas.

3.4 A TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA

A cognição (do latim *cognoscível*, *conhecer*) é definida como sendo a capacidade do homem para processar informação a partir da percepção, do

conhecimento adquirido (experiência) e suas características subjetivas permitem valorizar a informação. Consiste em processos de aprendizagem, atenção, memória, resolução de problemas, tomada de decisão e processamento de linguagem.

Os processos cognitivos podem ser naturais ou artificiais, conscientes ou inconscientes, o que explica porque é abordada em estudos em diferentes perspectivas, incluindo a neurologia, psicologia, sociologia, filosofia, nas diferentes disciplinas antropológicas e nas ciências da informação, tais como a inteligência artificial, e na gestão do conhecimento e na aprendizagem.

A cognição está intimamente relacionada com conceitos abstratos tais como percepção, inteligência e aprendizado e muitos outros que descrevem numerosas capacidades de todos os seres superiores apesar de estas características também serem compartilhadas com algumas entidades biológicas a que se propõe a inteligência artificial.

O conceito de cognição é frequentemente associado ao significado do ato de conhecer, sendo o conhecimento definido, em sentido social e cultural, como um desenvolvimento emergente dentro de um grupo que culmina com a sinergia do pensamento e da ação, onde os processos de conhecimento adquiridos se adaptam e permitem uma progressiva capacidade de resolver problemas.

Esta capacidade de resolver problemas utiliza, através do raciocínio para o aprendizado, um conjunto de ações usadas no pensamento, na classificação, reconhecimento e compreensão chamados de processos mentais cognitivos, emocionais e conativos. São estes processos que estruturam a nossa vida psíquica e que permitem conhecer o mundo, relacionar-se com ele e agir sobre a realidade física e social.

Os processos mentais interagem em três dimensões, isto é, ao saber, ao sentir e ao fazer. Destes, o processo cognitivo está relacionado com o saber, com o conhecimento, utilizando sempre a informação do meio interno e externo. Dentre estes podemos citar-se:

- A percepção;
- A memória;
- A aprendizagem.

Mas o que interessa neste estudo mais especificamente entre estes processos é aquele que utiliza a capacidade para responder adequadamente às diferentes

solicitações, desafios e interação com o meio – a aprendizagem. Dessa interação resulta uma mudança contínua que chamamos de adaptação.

Para Morrison (1993), a interação social se refere à observação de Vygotsky de que a aprendizagem é um processo social e o conhecimento algo socialmente construído, não apenas pelo professor e pelo aluno, mas também pelo ambiente onde este ocorre.

As formas de intervenção para que ocorra a aprendizagem devem levar em conta a diversidade no modo de aprender do aluno cego, identificando o desafio de que necessita, a fim de que se sinta estimulado em seu trabalho. Na perspectiva construtivista, estas atividades de ensino têm que integrar ao máximo os conteúdos e, por mais específico que seja, sempre estar associado a conteúdos de outra natureza, conhecimento indispensáveis para compreender informações e problemas.

Para Lachman e Butterfield (1979), o processamento de informação:

(...) considera que se realizam poucas operações simbólicas, relativamente básicas, tais como codificar, comparar, localizar e/ou armazenar. Portanto, em último caso, pode-se definir a inteligência humana como a capacidade para criar conhecimento, inovações e, talvez, expectativas a respeito do futuro (...) (tradução nossa).

Para que se possa descrever, compreender e explicar o processamento de informação em um aluno cego é necessário encontrar regras comuns e universais a todos os seres humanos.

A ciência cognitiva estuda como a informação é processada no cérebro, sendo a natureza das investigações sobre este tema estudada pela linguística, psicobiologia cognitiva e pela inteligência artificial e, mais recentemente, pela neurociência e pela antropologia cognitiva.

O processamento de informações consiste no modo como o sujeito internaliza uma informação recebida. Por sua vez, a internalização deste novo conhecimento é ativada em conjunto com as funções cognitivas, para que ocorra de maneira satisfatória.

Para Flavell (1993), o desenvolvimento cognitivo compreende a aquisição sucessiva de estruturas lógicas cada vez mais complexas para a internalização de um novo conhecimento.

Enfim, Norman e Simon (1986) definem como sendo a ciência que busca compreender os sistemas inteligentes e a natureza da inteligência. Para estes autores,

a inteligência é construída pela mente por qualquer classe de material modelável, se caracterizando por sua maleabilidade e capacidade adaptativa.

Questões como um aluno aprende, como memoriza uma informação e não outra, como avança de estados de menor elaboração conceitual para outro mais elaborado, como interpreta os conteúdos escolares vêm mostrando a preocupação do professorado em relação ao aprendizado do aluno cego.

As respostas para estes questionamentos podem estar associadas à maneira de pensar de um aluno e à maneira de ensinar do professor. Sabe-se que não é suficiente a apresentação de determinado conceito para que um aluno aprenda, mas é necessário partir do que ele sabe a respeito (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1983) para que possa construir, assim, novos saberes.

3.4.1 A importância da TMC e o aluno cego

A ideia de mediação começa com Vygotsky, mas é Souza (2004), autor da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), que trabalha a experiência de atividade mediada, definida a partir da forma como os estímulos emitidos pelo meio são transformados por um agente mediador, aqui, o professor. O professor, como agente mediador, motivado por suas intenções, cultura e envolvimento emocional, seleciona e arranja o mundo dos estímulos para que o aluno os organize.

Para Souza (2004), a TMC leva em consideração que a realização de uma tarefa mental incorpora mecanismos subjacentes, como manipulação e armazenamento de informações, o que ocupa espaço na memória humana que é limitada.

Conforme Martín (2003), é necessário integrar ao estilo particular de cada aluno cego suas formas de codificar e decodificar a informação (dimensão cognitiva). A motivação, interesses, responsabilidades, senso de risco, atenção, interação (dimensão afetiva), percepção sensorial (dimensão física) e as reações entre os distintos estímulos exteriores.

Para Souza (2004), o sistema cognitivo básico envolve apenas o aluno (consciente) e a informação a ser internalizada, concluindo-se que para um aluno cego é no ambiente que residem tais mecanismos adicionais, visto que eles residem no próprio conhecimento a ser adquirido, equivalente a dizer que todo o processamento ocorre no sujeito.

Como a investigação que se está realizando procura embasamentos de como ocorre a evolução da capacidade representacional de alunos cegos, apesar de a Teoria da Mediação Cognitiva de Souza (2004) estar fundamentada no uso das novas tecnologias, esta teoria se torna importante no momento em que justifica a forma como a mente humana interage com o mundo, define o papel que o uso de ferramentas lógicas e concretas tem sobre o desenvolvimento cognitivo e produz uma perspectiva na evolução dos mecanismos do conhecimento (SOUZA, 2004).

Para Souza (2004), a mediação cognitiva se torna um recurso utilizável se ocorrer a entrada, a manipulação e a saída de dados, se compararmos de forma análoga o cérebro de um aluno cego a um computador.

Dessa forma, a TMC está sedimentada sobre premissas básicas, relacionadas com a cognição humana (SOUZA, 2006):

- A vantagem evolutiva da espécie humana está na capacidade de gerar, armazenar e manipular o conhecimento de inúmeras formas;
- A cognição humana é o resultado de alguma forma de processamento de informação;
- O cérebro humano é limitado, sendo impossível o processamento de toda a informação recebida;
- Praticamente, qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau;
- Os seres humanos complementam o processamento das informações recebidas através da interação com sistemas externos.

A TMC, ao se referir à cognição humana, inclui alguns elementos tais como:

- Um indivíduo e sua capacidade cerebral interna de processamento da informação;
- O conceito ou objeto que será conhecido;
- Os mecanismos ambientais, que se interpõem entre sujeito e objeto, servem de suporte ao sujeito para uma apreensão dos atributos e propriedades do objeto;
- As estruturas internas ao indivíduo, através das quais ele pode interagir com os potenciais mecanismos extracerebrais que estão presentes no ambiente.

Para Wolff (2015), o processamento de informações realizadas pelo cérebro, cuja capacidade é limitada ao envolvimento com atividades cognitivas através da

interação com estruturas externas, que fornecem informações adicionais ao processamento mental, busca por estruturas externas para que isso ocorra.

Assim, o processo pelo qual os seres humanos dependem de estruturas externas, a fim de complementar o processamento de informações feitas pelo cérebro, deverá possuir (SOUZA, 2004):

- Objeto: o item físico, conceito abstrato, problema, situação ou relação em que o indivíduo busca conhecimento, aprendizagem;
- Processamento Interno: é um mecanismo fisiológico que envolve a execução individual do cérebro, em operações lógicas;
- Mecanismos Internos: também é fisiológico, gera algoritmos que permitem a conexão, interação entre o processamento interno do cérebro e o processamento extracerebral, que envolve gerenciamento de *drivers*, algoritmos, protocolos, códigos e dados;
- Mecanismos Externos: pertencem ao ambiente, podendo ser de diversos tipos e de capacidade variável, indo desde objetos físicos simples (dedos, pedra) até práticas sociais complexas, artefatos culturais e redes de computadores.

Considerando a existência de elementos extracerebrais, conforme Souza (2004, p.65): “tais elementos só poderão efetivamente ser de utilidade para um indivíduo, se este dispuser de uma forma de interagir eficazmente com eles, segundo a necessidade e de modo adequado”, com *drivers* existentes na estrutura intracerebral.

Ramos e Serrano (2013) consideram *drivers* como aparelhos ou dispositivos que trabalham como ‘máquinas virtuais’ internas, que possuem um papel importante na definição do pensamento humano no contexto da mediação e vão para além da ‘conexão’ com o mecanismo externo. São os *drivers*, atuando como mecanismos internos, que dão suporte à mediação cognitiva para que se tenha a capacidade de acessar corretamente os mecanismos externos (SOUZA, 2004).

Ainda segundo Souza (2004), as quatro formas de mediação que a TMC sustenta são:

- **Mediação psicofísica:** relacionada, na sua essência, às características fisiológicas do sistema nervoso central, da física e da química dos objetos com os quais se relaciona, da posição espacial de ambos e da natureza do ambiente. É considerada a básica da mediação, ocorrendo quando os mecanismos externos de mediação se resumem a eventos físicos, químicos e

biológicos fortuitos que agregam alguma forma elementar de processamento extracerebral de informação à relação sujeito-objeto, e os mecanismos internos de mediação constituem-se basicamente de esquemas sensório-motores. (SOUZA, 2004).

- **Mediação Social:** para Souza (2004), este tipo de mediação tem relação direta com o grupo social, servindo de mecanismo externo de mediação que, sob o ponto de vista de cada indivíduo, realiza uma imensa e importante quantidade de processamento extracerebral de informações, que podem ser compartilhadas pelos demais integrantes do grupo, gerando *drivers* que contribuirão para o crescimento cognitivo dos integrantes deste grupo, apesar de a criação destes *drivers* ser particular e individual à estrutura cognitiva.
- **Mediação cultural:** Souza (2004), idealiza que a utilização da linguagem, escrita falada ou imagística, e seus respectivos desdobramentos, implicaram a possibilidade de expressar acontecimentos e experiências, além de poderosa forma de armazenamento de conhecimento. Dessa forma, considerando o processamento da informação em nível individual, através de uma cultura, há uma superestrutura extracerebral, capaz de realizar operações de memória e, conseqüentemente, de aprendizagem.
- **Mediação digital:** Souza (2004), considera como hipótese as vantagens cognitivas que poderão ocorrer com a utilização de dispositivos computacionais externos.

A evolução cognitiva está diretamente relacionada com o papel da linguagem, dos signos e das interações sociais e culturais, de acordo com Vigotsky (1994), tendo sido incorporada pela TMC, em particular àquilo que diz respeito ao papel da cultura, dos sistemas de símbolos e dos processos de transmissão e internalização de tais sistemas para o funcionamento da cognição humana. Ela também faz uso da noção de ZDP enquanto conceito fundamental para se entender a dinâmica do desenvolvimento cognitivo (SOUZA, 2004).

3.4.2. Os drivers

A conceituação feita por Oliveira (2001) define drivers, na ciência da computação, como programas que agregam todas as informações necessárias para o bom funcionamento de um determinado dispositivo e assim permitem a comunicação entre

o sistema operacional do computador e os respectivos dispositivos, deixando que os aplicativos instalados interajam com este hardware com um bom nível de abstração sobre o seu funcionamento.

Assim, drivers são dispositivos semelhantes a “máquinas virtuais” internas, que possuem papel importante na mediação como mecanismo externo ao cérebro, mesmo quando estes já não estão mais presentes (WOLLF, 2015).

Souza et al (2012) fazem uma analogia entre drivers e o cérebro humano, onde um mecanismo análogo entre a lógica e a representação mental com os estados e o funcionamento do mecanismo externo possibilitam uma interação controlada. Deste conceito surge a analogia de driver associado ao conceito de máquina virtual para representar o cérebro de um aluno cego.

Ao se fazer analogia entre drivers e os alunos cegos congênitos, os drivers permitem a comunicação entre a estrutura cognitiva do sujeito e o mecanismo externo de processamento de informações, aqui constituídas pelas representações das imagens mentais destes alunos, de modo que ambos possam interagir e estes alunos, em particular, possam entender o funcionamento deste mecanismo externo a ponto de compreender e agregar à sua estrutura cognitiva as informações nele contidas (RAMOS, 2015).

São os drivers que permitem a utilização dos mecanismos externos, tecendo uma analogia à computação, própria a uma abordagem baseada na metáfora computador-cérebro da psicologia cognitiva (BRUNER, 1983).

Souza (2004) considera a existência de mecanismos extracerebrais efetivos se os sujeitos dispuserem de uma forma de interagir eficazmente com eles, segundo suas necessidades e de modo adequado, com drivers existentes na estrutura intracerebral.

3.5 A VISÃO CEGA

A ideia de visão cega torna-se um conceito sujeito à investigação, ao concebermos “ver” como a capacidade de gerar representações mentais internas que podem conter detalhes visuais,

Cattaneo (2011) baseia-se em comportamentos e dados neurofisiológico sobre os efeitos da cegueira e outros tipos de déficit visual no desenvolvimento e funcionamento do sistema cognitivo humano, ao analisar imagens mentais, a cognição espacial e mecanismos compensatórios nos níveis sensoriais, cognitivos e corticais

em indivíduos cegos. Esta autora acredita que o cérebro não precisa de olhos para “ver”, ao abordar questões sobre a relação da percepção visual de imagens e memória de trabalho e até que ponto essas imagens mentais dependem de visão normal; as relações funcionais e neurais entre a visão e os outros sentidos; os aspectos específicos da experiência visual que são cruciais para o desenvolvimento cognitivo ou mecanismos cognitivos específicos; e a extraordinária plasticidade do cérebro – quanto ilustrado pela maneira como o cego reorganiza seu córtex visual para apoiar outras funções perceptivas e cognitivas (CATTANEO, 2011). Na falta de visão, os outros sentidos funcionam como substitutos funcionais e são muitas vezes melhorados.

As imagens mentais processadas por um cego compartilham muitas características com a sua percepção visual original. Esta habilidade os alunos videntes possuem ao transferir determinados conceitos químicos, no uso de modelos atômicos, por exemplo, para demonstrar as ligações entre o átomo de carbono e os átomos de hidrogênio na molécula do metano, criando facilmente uma imagem mental de algo que nunca viram, podendo, claramente, visualizar em sua mente.

Sem dúvida, os nossos processos de imagens são, principalmente, em forma visual, e isso ocorre porque normalmente dependem de *input* (estímulo) visual em perceber o mundo.

O tato³ e a audição⁴ podem fornecer informações suficientes para que uma pessoa cega possa gerar uma representação interna confiável do mundo externo, por exemplo, ao extrair a forma de um objeto, tocando-o ou identificando-o e localizando uma pessoa que está falando através de ouvir sua voz, bem como através da visão e do olfato que também oferecem informações importantes sobre objetos, detalhes (e pessoas) e sobre sua localização no espaço (CATTANEO, 2011).

Na verdade, podemos extrair a forma de um objeto, vendo-o; podemos identificar e localizar uma pessoa que está falando através da sua voz, bem como através da visão e do olfato que também trazem informações importantes sobre objetos, detalhes (e pessoas) e sobre onde eles estão no espaço.

Na verdade, existem regiões do cérebro que, mesmo quando não há déficit sensorial, as informações do processo, independentemente da sua origem sensorial

³O Tato é um dos sentidos propostos por Aristóteles. Sentir, tocar. Muitas vezes designado como mão.

⁴ Audição é o ato de ouvir, só possível quando estímulos externos são captados por nossas orelhas chegando ao cérebro, e, aí produz os sons.

original respondem a um objeto específico quando este é ou visto ou tocado (PIETRINI et al, 2004).

Nesse sentido, as representações mentais não “estritamente” precisam de uma visão, mas podem ser geradas através de informações adquiridas em outras modalidades sensoriais ou acessando informações semânticas armazenadas na memória de longo prazo⁵.

A Teoria Sociointeracionista de Vygostky (MOREIRA, 1999), em sintonia com a Teoria da Mediação Cognitiva e as contribuições de Cattaneo sobre a visão cega são modelos de intervenção que acreditamos serem eficientes e suficientemente independentes dos diferentes pontos de vista, para a internalização de conhecimento químico por um aluno cego.

Vygotsky (1978), defende que a interseção entre o homem e o seu meio sociocultural é formador das características humanas, onde a relação deste com o mundo não é uma relação direta, mas mediada por meios que são ferramentas criadas exclusivamente pelo próprio homem.

A Teoria da Mediação Cognitiva (SOUZA, 2004), segundo este autor, interpreta o desenvolvimento cognitivo como decorrente de duas formas de interação: a primeira fala sobre o aluno aprendendo e se desenvolvendo por meio da percepção, assimilação e processamento direto dos estímulos existentes ao seu redor; a segunda mostra que o aprendizado ocorre através da mediação cognitiva.

⁵A Memória de Longo Prazo possui capacidade ilimitada de armazenamento e as informações ficam nela armazenadas por tempo também ilimitado.

4 A GEOMETRIA DAS MOLÉCULAS E SUAS REPRESENTAÇÕES VISUOESPACIAIS

Na Química, as representações podem ser vistas como metáforas, modelos e construções teóricas, onde o desenho de estruturas moleculares e a escrita de fórmulas químicas são carregadas de significados na busca pela interpretação de fenômenos (HOFFMAN; LASZLO, 1991). Estas representações são capazes de transmitir informações difíceis de ser descritas por palavras (JONES; JORDAN; STILLINGS, 2001).

A relação entre essas representações e a abordagem de conceitos é fundamental, onde os níveis macroscópicos e microscópicos devem estar articulados para que se possa pensar nas suas estruturas (GABEL, 1998), e assim tornar o ensino e a aprendizagem em Química mais atraente para todos os alunos, cegos e videntes.

Os conceitos de átomo, elemento químico e molécula, considerados básicos nessa ciência, se mostram complexos para os estudantes, exigindo atenção por parte dos professores ao serem ensinados onde o uso de modelos para representar e manipular a estrutura das moléculas se mostra uma metodologia que possibilita o a construção e o manuseio de estruturas tridimensionais.

Para Justi e Gilbert (2000), a representação de um objeto, de um processo, de uma ideia usando modelos tem origem em uma atividade mental, sendo esta individual e pessoal, podendo ser construída individualmente ou não. O modo como esta atividade mental consegue ser expressa para as outras pessoas, através da construção de modelos tridimensionais, é chamada de modelagem.

Na Química, o uso de modelos atômicos é largamente disseminado (APPELT et al, 2009), visto que a criação e a validação de modelos caracterizam-se como a base da pesquisa científica (MORRISON; MORGAN, 1999).

Entretanto, é muito difícil para o professor fazer relação entre os conceitos macroscópicos das substâncias, tais como: pontos de fusão e ebulição, reatividade química, etc., e as estruturas tridimensionais das moléculas dessas substâncias. Os conceitos de átomo, elemento químico e molécula, apesar de serem básicos na Química, são considerados muito complexos pelos estudantes, exigindo grande atenção dos professores no que se refere ao desenvolvimento e à utilização de metodologias que favoreçam a aprendizagem. Para Tostes (1998, p. 17):

A ciência química, ao menos nos cem últimos anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular. O químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular. O químico é como que um profissional das moléculas, e quando pensa "nelas" ele tem como objeto um arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço.

Na Educação Básica, as aulas de Química são ministradas na sequência apresentada, em geral, pelo livro didático adotado, que introduz conceitos de Química Geral no 1º ano, no 2º ano são introduzidos conceitos sobre Físico-Química, e Química Orgânica no 3º ano do ensino médio. Com esta organização, o conceito de geometria molecular é visto no primeiro ano junto com conceitos de ligação química, e somente no terceiro ano este conceito é novamente revisto quando é feito o estudo das estruturas das moléculas orgânicas.

O aluno do ensino médio, apesar de possuir conhecimento prévio sobre geometria, faz uso de imagens com alto grau de abstração e complexidade, já que estas representam modelos imaginários para a aprendizagem de geometria molecular (SEBATA, 2006).

Cattaneo (2011) afirma que não há razões a priori para argumentar que um aluno cego não pode gerar representações mentais usando informação tátil, informação proprioceptiva, auditiva e olfativa. Em alunos cegos, esta estratégia é vista como facilitadora de aprendizagem, já que não conseguem criar imagens visuoespaciais.

Claro que não se pode comparar representações mentais de alunos cegos congênitos com as representações de alunos videntes. Cattaneo (2011) argumenta que formas e espaço são representados em um formato analógico para cegos, onde, por exemplo, uma linha aparece como uma linha e não como um traço de memória tátil, por meio de algumas diferenças intrínsecas que derivam de sua experiência sensorial dominante.

4.1 ESTRUTURAS DAS MOLÉCULAS E ESTEREOQUÍMICA

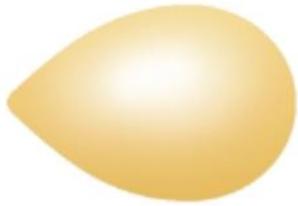
As representações feitas na forma escrita, no papel, mostrando estruturas de difícil compreensão, sobretudo quando existia a necessidade de mostrar a geometria das moléculas e a diferenciação de estruturas isômeras, fez com que o uso de representações tridimensionais surgisse (SERRANO et al, 2009).

As moléculas são formadas por átomos unidos por ligações covalentes e podem apresentar, na sua constituição, de dois a milhares de átomos. A disposição espacial dos núcleos destes átomos irá determinar diferentes formas geométricas para as moléculas. Assim, toda molécula formada por dois átomos (diatômicas) será sempre linear, pois seus núcleos estarão obrigatoriamente alinhados (USBERCO; SALVADOR, 2002).

Uma das maneiras mais simples e mais usada atualmente para prever a geometria de moléculas que apresentam mais de dois átomos consiste na utilização da teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência. Esta teoria está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível (USBERCO; SALVADOR, 2002).

Segundo estes autores, para melhor visualizar esta teoria, a representação de cada par eletrônico (2 elétrons de valência) ao redor de um átomo central é feita como uma nuvem eletrônica de formato ovalado. A Figura 2, a seguir, mostra a representação, segundo Usberco e Salvador (2002), para uma nuvem eletrônica e a relação com as ligações e pares de elétrons, segundo estes autores:

Figura 2 - Relação entre ligação e nuvem eletrônica

<p>Uma ligação covalente simples: — ou</p> <p>Uma ligação covalente dupla: =</p> <p>Uma ligação covalente tripla: ≡</p> <p>Um par de elétrons não-ligantes: xx</p>	
--	---

Fonte: Usberco e Salvador (2002)

Assim, a orientação espacial dessas nuvens dependerá do número total de pares eletrônicos ao redor de um átomo central. A geometria das moléculas é determinada pela posição dos núcleos dos átomos ligados ao átomo central, considerando a orientação das nuvens e o número de átomos ligados ao átomo central.

Foram propostos vários modelos teóricos para deduzir a geometria de uma molécula. Entre eles o mais aceito é a teoria da Repulsão de Pares de Elétrons da Camada de Valência (RPECV), formulada em 1957 pelo cientista Ron Gillespie, com

o intuito de ser utilizada como uma ferramenta na predição da geometria das moléculas, ou seja, a forma como a molécula está disposta no espaço.

Isso permite preceder a disposição espacial dos átomos desta molécula, baseada no número de pares de elétrons de valência dispostos ao redor do átomo central de uma molécula e que tendem a colocar-se em posições que minimizem as repulsões eletrostáticas entre eles e, assim, predizendo a geometria molecular (JOLLY, 1984).

Para isso é necessário trabalhar com as Estruturas de Lewis, identificando o átomo central, os pares de elétrons ligantes e não ligantes. Esta teoria utiliza a simbologia **AX_nEm** onde:

- A: átomo central
- X: ligantes unidos ao átomo central
- n: número de ligantes unidos ao átomo central
- E: pares de elétrons livres em torno do átomo central
- m: número de pares de elétrons livres

Os postulados desta teoria são:

1º - o fator determinante da geometria de uma molécula é o número de pares de elétrons de valência (compartilhados e não compartilhados) ao redor de um átomo central;

2º - os pares de elétrons (compartilhados e não compartilhados) se repelem entre si e se distribuem espacialmente na maior distância angular possível para que a repulsão seja mínima;

3º - os pares de elétrons não compartilhados ocupam maior lugar no espaço do que os pares de elétrons compartilhados;

4º para a determinação da geometria molecular, a dupla e a tripla ligação são consideradas simples.

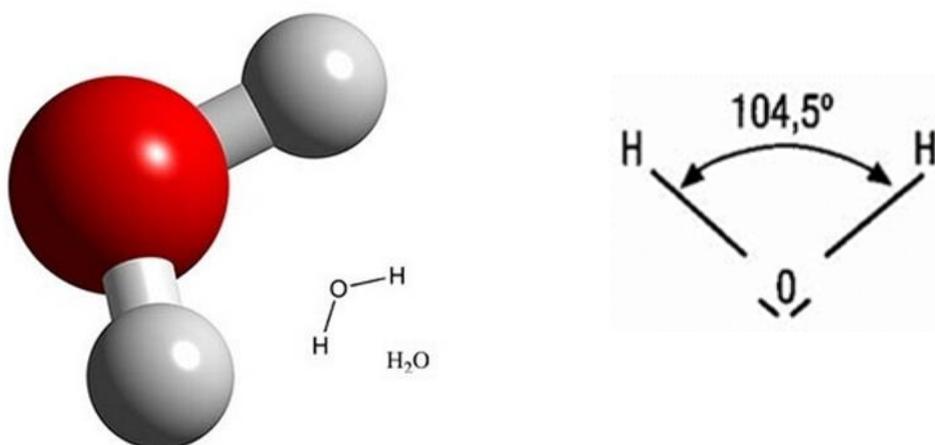
Nesta tese, o conjunto de procedimentos educacionais apresentou aos estudantes cegos congênitos estruturas planas e tridimensionais da água, do gás oxigênio, da amônia e do metano. Estas estruturas foram escolhidas para que os alunos cegos participantes do trabalho pudesse observar a relação da geometria das moléculas com o número de nuvens eletrônicas localizadas ao redor do átomo central

em diferentes compostos. A seguir estas estruturas são apresentadas na sequência em que foram mostradas para os sujeitos desta pesquisa.

4.1.1 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula da água

A molécula de Água (H_2O) é um exemplo de estrutura angular, onde os átomos de hidrogênio se posicionam formando ângulos de $104,5^\circ$. Sua geometria molecular é chamada de angular, apresentado 4 pares de elétrons (2 solitários) na forma: AX_2E_2 . A Figura 3, a seguir, mostra a representação 3D e 2D para este composto:

Figura 3 - Representação em 3D e 2D para a molécula de Água



Fonte: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules>

4.1.2 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula do Gás Oxigênio

O elemento oxigênio (símbolo **O**, número atômico 8) é encontrado na atmosfera na forma de Gás Oxigênio, sendo uma molécula biatômica de fórmula molecular O_2 . Sua molécula é um gás a temperatura ambiente, incolor (azul em estado líquido e sólido), insípido, inodoro, comburente, não combustível e pouco solúvel em água. Sua geometria molecular é linear, com um ângulo de 180° . A Figura 4, a seguir, traz sua representação em 3D e 2D:

Figura 4 - Representação em 3D e 2D para a Molécula de Gás Oxigênio

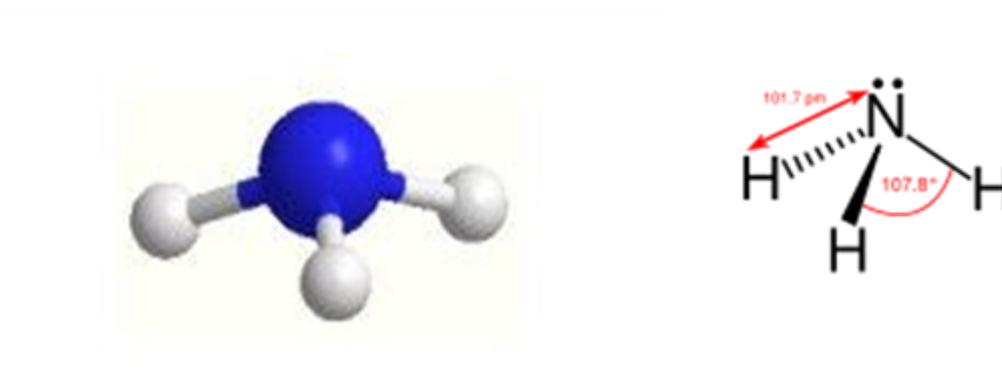


Fonte: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules>

4.1.3 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula da Amônia

A molécula de amônia (NH_3) é um exemplo da geometria molecular piramidal triangular, com a presença de 4 pares de elétrons (1 solitário) na forma: AX_3E e com um ângulo de ligação menor de 109° ($107,8^\circ$). A Figura 5 a seguir traz a representação 3D e 2D para esta substância.

Figura 5 - Representação em 3D e 2D para a Molécula de Amônia

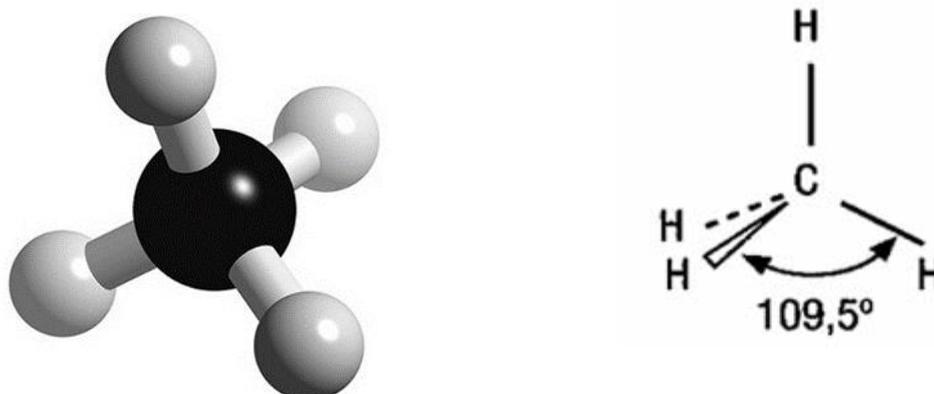


Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>

4.1.4 Modelo tridimensional e estrutura de Lewis da molécula do Metano

O metano (CH_4) retrata a geometria molecular tetraédrica, a presença dos 4 átomos de hidrogênio e a formação do ângulo de $109,5^\circ$ com 4 pares de elétrons na forma AX_4 . A Figura 6 traz a representação 3D e 2D para este composto:

Figura 6 - Representação 3D e 2D para a Molécula de Metano



Fonte: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules>

A utilização de atividades de modelagem na resolução de problemas com estudantes cegos teve o intuito de colaborar na compreensão destes conceitos, instigando os estudantes a questionarem sobre suas dúvidas de forma a contribuir na construção do seu conhecimento. De acordo com Justi (2006), utilizar este tipo de estratégia com alunos cegos, possibilita fazer suas representações parciais e abstratas sobre determinados conceitos químicos. No ensino de Química para alunos cegos, o uso de modelos pode ser um instrumento mediador entre a realidade e a teoria, auxiliando este aluno na visualização de suas construções mentais.

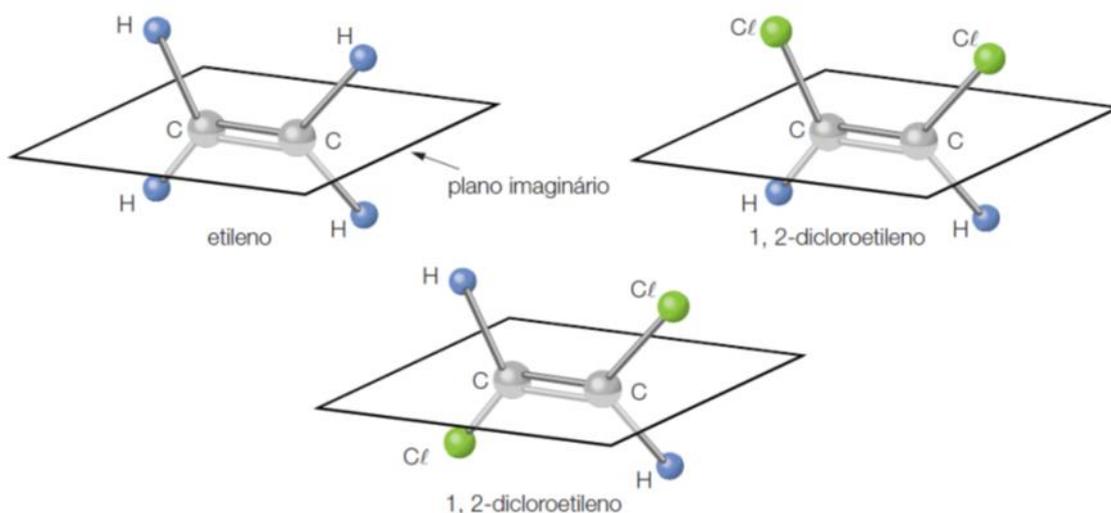
4.2 A GEOMETRIA MOLECULAR E A ISOMERIA CIS/TRANS

Na isomeria espacial geométrica, a diferença entre os isômeros só é perceptível pela análise da fórmula estrutural espacial. O uso de modelos do tipo *balls-and-sticks*, como auxiliares na compreensão de conceitos de isomeria CIS/TRANS para estudantes cegos congênitos, mostrou ser estratégia que permite que estes alunos construam representações a partir de suas imagens mentais

Quando se substitui dois átomos de hidrogênio do etileno por dois átomos de cloro, formam-se duas estruturas diferentes com a mesma fórmula molecular: $C_2H_2Cl_2$.

A Figura 7, a seguir, mostra este tipo de modelo para representar a estrutura do etileno e dos isômeros CIS/TRANS do 1.2-dicloroetileno.

Figura 7 - Representação do etileno e do 1,2-dicloroetileno



Fonte: Usberco e Salvador (2009)

Para os alunos, videntes e cegos congênitos, o uso de modelos para a representação das moléculas no nível macroscópico, como os do tipo balls-and-sticks, para intermediar o aprendizado do arranjo espacial das ligações químicas existentes entre os núcleos atômicos que compõem uma molécula, se faz necessário (MORAIS, 2007) para que estes possam criar suas abstrações em 3D.

Ao promover o entendimento conceitual de determinados conceitos químicos por alunos cegos congênitos buscou-se, através do uso de modelos para a representação de estruturas moleculares e sua respectiva geometria molecular, desenvolver a habilidade de representação e facilitar a 'visualização' tridimensional do conhecimento químico por estes estudantes cegos congênitos.

A organização de um conjunto de atividades educacionais adaptada para alunos cegos congênitos surge como uma ferramenta de grande importância por facilitar a assimilação e o aprendizado de conceitos que envolvam as ligações químicas e a geometria molecular entre outros.

Assim, o uso de modelos moleculares é simples e fundamental para o objetivo dessa pesquisa.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo aborda-se inicialmente o referencial metodológico adotado para a pesquisa realizada; após, são apresentadas as principais características dos sujeitos participantes da pesquisa e suas instituições de ensino e, por fim, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e dos procedimentos para a análise dos mesmos.

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida a fim de permitir a identificação das características das representações mentais relacionadas com o tipo de imagem visual de modelos bi e tridimensionais de estruturas químicas, associadas à *Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (RPECV)* e sua representação através de modelos moleculares.

Nesta proposta metodológica, buscou-se também identificar modificações na estrutura cognitiva dos alunos cegos congênitos relacionadas com o uso de modelos moleculares para a representação de isômeros *CIS/TRANS*.

Dessa forma, a estrutura da metodologia possui um desenho que identifica as modificações dos *drivers*, principalmente para *drivers* sociais e culturais, que os relacionem com a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky (1999) e com a TMC de Souza (2004) e seu valor para a reflexão sobre a intervenção educativa no contexto da cegueira.

5.1 OPÇÕES METODOLÓGICAS

As teorias e métodos através dos quais se obtém conhecimento acerca de determinadas fatos referem-se ao paradigma de uma investigação e ao modo como os resultados são analisados, sendo fundamentais para o pesquisador ao determinar a direção que a interpretação dos dados obtidos nas observações realizadas acerca do problema de pesquisa proposto seguirá, fornecendo caminhos e relações diferentes que só podem ser atingidos com um método (SELLTIZ et al, 1987).

A evolução das abordagens quantitativa e qualitativa mostra que os métodos quantitativos de pesquisa dominavam o cenário das pesquisas sociais desde o final do século XIX até meados do século XX. No entanto, a utilização de dados quantitativos em pesquisa educacional nunca teve tradição sólida nesta área do conhecimento (CRESWELL, 2010; GATTI, 2004).

Segundo Bogdan (1994), a partir da metade do século XX, os métodos qualitativos tiveram um aumento de interesse e utilização por parte dos pesquisadores, ao possibilitarem explorar e compreender o significado que os sujeitos investigados atribuem a um determinado problema a ser estudado, como fonte direta de dados e ao pesquisador como seu principal instrumento. Para este autor, na pesquisa ou método qualitativo, os dados coletados são predominantemente descritivos e a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto, considerando que o significado que as pessoas dão aos acontecimentos e à sua vida são foco de atenção especial pelo pesquisador e a análise dos dados tende a seguir um aspecto indutivo (BOGDAN et al,1994).

Devido às características da investigação aqui apresentada, que versa sobre a construção do conhecimento químico de alunos cegos congênitos submetidos a um conjunto de procedimentos educacionais intencionais (CAMARGO, 2012), onde o processo de aplicação dessas atividades é analisado em seu todo e não apenas através das comparações entre as respostas provenientes do início e final destas, a escolha pela metodologia conhecida como microetnografia é a que melhor atende as necessidades dos procedimentos de observação do referido objeto.

Esta tendência metodológica propõe uma microanálise, documentando com mais precisão e aprofundamento a dinâmica da interação face a face entre o(s) sujeito(os) da pesquisa e o pesquisador, onde o texto base deixa de ser a narrativa, substituída pela transcrição do vídeo que, ao ser visto, analisado e discutido, refina a análise, permitindo a aproximação mais precisa do objeto em estudo (ANDRÉ, 1997).

Para Moreira (2002), a microetnografia se ocupa em olhar e analisar detalhadamente registros audiovisuais de interações humanas em cenas-chave, acompanhadas de observação participativa do contexto mais amplo, sendo uma tendência em pesquisas na área da educação.

Na revisão de literatura apresentada nesta pesquisa foi possível identificar lacunas no campo da pesquisa científica sobre o tema aqui abordado, buscando o referencial do cego e sua maneira própria de aprender que indicasse parâmetros para sua educação química, apoiando-se na ideia central de que para saber da elaboração cognitiva deste aluno cego congênito, deve-se seguir por seus próprios caminhos e não por aqueles de quem dispõe da visão (ORMELEZI,2000).

É importante salientar que no Brasil, na área do ensino e aprendizagem das Ciências, conta-se com as contribuições científicas de Masini (1990), que investiga o

perceber e o relacionar-se do deficiente visual, e de Camargo (2005), que em suas pesquisas mostra atividades facilitadoras para o ensino e aprendizagem de Física e Química para alunos cegos.

Para a organização das atividades desta pesquisa levou-se em conta a compreensão destes alunos em seu ambiente interativo, a escola. A importância para um bom andamento na aplicação das atividades propostas foi possível pela dimensão humana e social da pessoa pesquisada, do processo em si decorrente da relação interpessoal, do contexto pelo uso de um espaço formativo e informativo para este aluno e, também, pelo tempo despendido para os encontros.

Os pilares metodológicos que alicerçaram a pesquisa foram três (ORMELEZI, 2006):

1. *Preparatório*: com a definição da pergunta de pesquisa e da metodologia, seleção e caracterização dos sujeitos participantes, desenvolvimento dos instrumentos e aplicação dos mesmos;
2. *Descritivo e interpretativo*: busca sistemática de dados a partir de elementos significativos nas entrevistas e observações realizadas durante a aplicação do conjunto de atividades proposto;
3. *Discussão e articulação*: dos dados da análise, à luz da teoria de Vygotsky (1999), com aportes da TMC (SOUZA, 2004) e de Cattaneo (2011), nos dois casos estudados.

O tema abordado é de interesse do pesquisador e pesquisados, pois trata da forma como se dá o desenvolvimento cognitivo inserido no contexto em estudo, além de, na busca por uma didática inclusiva, orientar-se por saberes organizativos e teórico-práticos, o que pode vir a favorecer a participação efetiva de todos os alunos, cegos e videntes, em uma atividade educacional (CAMARGO, 2012).

A análise dos dados observados, coletados durante a aplicação dos três experimentos que fazem parte do conjunto de atividades aqui proposto, foi organizada em três categorias estruturais básicas, a saber:

- A representação das imagens mentais em relação ao fenômeno estudado;
- A descrição da imagem mental construída do fenômeno estudado;
- A relação entre a descrição destas imagens, os gestos empregados para esta descrição e a geometria molecular.

5.2 A BUSCA PELOS SUJEITOS DA PESQUISA

A escolha pelos sujeitos desta pesquisa seguiu três critérios fundamentais: 1) serem alunos cegos congênitos; 2) estarem matriculados regularmente em uma escola pública; 3) estarem frequentando o 3º ano do Ensino Médio Politécnico, o que possibilitaria um certo conhecimento de conceitos químicos.

Para tal, foi elaborada uma correspondência eletrônica (Apêndice A) enviada para o setor de Educação Especial de todas as CREs (Coordenadorias Regionais de Educação) vinculadas à Secretaria Estadual da Educação (SEDUC), do estado do Rio Grande do Sul, que também recebeu esta correspondência. Feito isso, entramos em contato, por telefone, com o responsável pelo setor de Educação Especial de todas as coordenadorias. A figura 8, a seguir, mostra a localização destes sujeitos relacionada às CREs da qual suas instituições de ensino fazem parte.

Figura 8 - Localização das CREs do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: <http://www.educacao.rs.gov.br>

A Figura 9, a seguir, mostra os dados informados pelas CREs, com a localização por cidade em que, à época, se encontravam matriculados os alunos deficientes visuais (cegos congênitos, adventícios e com baixa visão). A opção por alunos cegos congênitos e que estivessem frequentando o 3º ano está relacionada

com o fato de estes alunos não apresentarem memória visual e já possuírem certo conhecimento químico.

Figura 9 - Dados informados pelas CREs da localização dos alunos deficientes visuais

CIDADE	ENSINO MÉDIO/ SUPERIOR	CEGO CONGÊNITO	CEGO ADVENTÍCIO	BAIXA VISÃO
PORTO ALEGRE	1º ANO			2
NOVO HAMBURGO	1º ANO			1
CAXIAS DO SUL	3º ANO			1
CRUZ ALTA	3º ANO			1
PEJUÇARA	3º ANO			1
PORTO ALEGRE	1º ANO	1		
CAXIAS DO SUL	3º ANO	1		
CAXIAS DO SUL	1º ANO	1		
CAXIAS DO SUL	UCS	1		
GRAVATAÍ	3º ANO	1		
CANOAS	3º ANO		1	
PORTO ALEGRE	1º ANO		1	
PORTO ALEGRE	2º ANO		1	
PORTO ALEGRE	3º ANO		1	
SÃO LEOPOLDO	2º ANO		3	
S SEBASTIÃO DO CAÍ	2º ANO		1	
CAXIAS DO SUL	3º ANO		1	
OSÓRIO	2º ANO		1	
GRAVATAI	3º ANO		1	

Fonte: A autora (2014)

Os sujeitos escolhidos foram encontrados nas CREs apontadas abaixo:

- ✓ 4ª CRE: 1 aluno cego congênito;
- ✓ 27ª CRE: 1 aluno cego adventício (Projeto Piloto);
- ✓ 28ª CRE: 1 aluno cego congênito.
- ✓

5.3 OS SUJEITOS INVESTIGADOS

Os sujeitos que participaram desta pesquisa foram três alunos cegos. Dois são cegos congênitos e um é cego adventício; os três, à época da aplicação do projeto piloto e do conjunto de atividades 1 e 2, estavam frequentando regularmente o 3º ano do Ensino Médio Politécnico de escolas públicas do interior do estado do Rio Grande do Sul e região metropolitana. Na época do terceiro encontro, dois estavam cursando o Ensino Superior.

Para preservar o anonimato destes alunos, estes serão identificados neste trabalho como A1, A2 e P1, onde A1 e A2 participaram dos três conjuntos de atividades propostas e P1 participou apenas do Projeto Piloto.

5.3.1 O sujeito A1

O aluno investigado aqui chamado de A1, tinha, em 2014, 18 anos e estudava em uma escola regular pública estadual chamada de B nesta pesquisa, localizada no interior do estado do Rio Grande do Sul. Na época da aplicação dos dois primeiros conjuntos de atividades, A1 cursava o 3º ano do Ensino Médio Politécnico. Atualmente, A1 frequenta o segundo semestre da graduação em um curso da área da educação de uma universidade particular. Este aluno trabalha em uma associação para deficientes visuais, na cidade onde mora. A1 não nasceu cego, mas perdeu a visão no primeiro ano de vida, sendo considerado cego congênito, não possuindo memória visual. A seguir, a Figura 10, traz um trecho da entrevista com este aluno:

Figura 10 - Trecho da entrevista com o estudante A1

A1 - Não sou cego de nascença, mas eu tive uma doença quando eu era muito pequeno. Tive câncer nos olhos e perdi a visão com um ano e meio. E, para mim, é como se eu nunca tivesse enxergado.

Fonte: Entrevista, a autora (2015).

A1 relata que, por não ter memória visual, as cores são associadas a conceitos passados por sua mãe que o ensinou a fazer associações. A Figura 11, a seguir, mostra um trecho desta afirmação de A1:

Figura 11 - Trecho da entrevista onde A1 fala sobre cores

A 1 - Minha mãe me ensina a separar as cores em claro e escuro. Por exemplo, ela me fala que o preto é escuro e, sei lá, ... o lilás é claro. A grama é verde. É escura. O céu, às vezes, é azul. É claro. O sol eu só sinto o calor. Me disseram que é amarelo... às vezes laranja.

Fonte: Entrevista, a autora (2015).

Este estudante sempre frequentou o ensino regular, fundamental e médio, em escolas públicas, participando da sala de aula com colegas videntes. A1 relata que sempre gostou de Química, não apresentando muita dificuldade para entender os conteúdos. Quando isso acontecia, sempre tinha ajuda dos professores e dos colegas. Relata que seu interesse maior sempre foi nas disciplinas da área das ciências humanas e que, ao término do Ensino Médio, irá prosseguir seus estudos na área da Pedagogia.

A escola que A1 frequenta possui sala de recurso e um professor vidente que usa o braile, para auxiliar alunos deficientes visuais a realizar as tarefas solicitadas em sala de aula. A1 usa celular com leitor de texto. Usa também a máquina e a impressora braile que ficam na sala de recursos. Em casa usa o *notebook*.

5.3.2 O sujeito A2

O segundo estudante investigado, aqui identificado por A2, tinha, em 2014, 19 anos e estudava em uma escola regular pública estadual, nesta pesquisa chamada de C, localizada na região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Este aluno também estava cursando o 3º ano do Ensino Médio Politécnico na época das entrevistas.

A2 é cego de nascença, devido à mãe ter contraído rubéola durante sua gravidez. Ele relata que sua casa é toda adaptada, sendo bem organizada para permitir sua mobilidade. A2 usa *notebook* e celular com leitor de tela. Em sala de aula usa a reglete. Escreve e lê em braile. Não possui memória visual.

A seguir, a Figura 12 traz um trecho da entrevista para este momento:

Figura 12 - Trecho da entrevista com o estudante A2

A 2 - Moro com meus pais e um irmão. Minha casa é toda adaptada. Quando mudam alguma coisa de lugar, sou avisado. Em casa uso notebook que possui um leitor de tela. Vou digitando e ele vai falando. Uso a internet também. Mesma coisa no meu celular. Ele fala também. Quando eu digito ele vai falando as letras, as palavras. Ele possui um programa chamado Talks. Na sala de aula uso a reglete.

Fonte: Entrevista, a autora (2015).

A2 trabalha em uma instituição pública, fazendo recepção ao público e atendendo ao telefone. Também é atleta, participando de maratonas, sendo acompanhado por um guia. Sua fala para este momento da entrevista está transcrita na Figura 13, a seguir:

Figura 13 - Trecho da entrevista com o estudante A2

A 2 - Participei de corridas. Maratonas nacionais e estaduais. Recebi medalhas. Nunca de 1º e 2º lugar, mas perto disso. Corro com guia. Treino em quadras públicas e aqui da escola também. Já tive vontade de participar das paraolimpíadas, mas não foi possível.

Fonte: Entrevista, a autora (2015).

A2 relata que nunca teve dificuldades para aprender química, mas sua preferência sempre foi por música. Na época da aplicação do terceiro conjunto de atividades, A2 relatou que ao término do Ensino Médio foi aprovado para cursar graduação em Música em uma universidade federal. No entanto, não pode frequentar o curso por questões econômicas.

5.3.3 O sujeito P1

O estudante P1 participou do experimento piloto. Este aluno é cego adventício, tendo ficado cego aos 16 anos devido à retinopatia e, em alguns momentos, consegue identificar certa luminosidade no ambiente em que se encontra. Na época da aplicação do projeto piloto, P1 tinha 23 anos e estava matriculado no 3º ano do Ensino Médio Politécnico noturno, de uma escola estadual, localizada na região metropolitana de Porto Alegre e aqui identificada como escola D. Como P1 possui memória visual, em

muitos momentos, suas respostas estavam associadas às suas lembranças visuais. Este aluno, por ter sido alfabetizado com tinta, apresenta certa relutância no uso do braile. Em sala de aula usa o *notebook* com leitor de tela. P1 também mora com os pais e sua casa também é adaptada para facilitar sua mobilidade.

Os sujeitos A1 e A2, à época da aplicação das atividades, frequentavam, semanalmente, instituições especializadas, integrados a grupos de deficientes visuais, participando de atividades lúdicas de arte, música e cultura, interação social, comunicação e linguagem, de aprendizagens específicas de instrumentos e recursos relativos à deficiência visual como o braile, o uso do soroban, o uso da bengala, orientação, mobilidade e habilidades para a autonomia e independência nas atividades da vida diária. A Figura 14, a seguir, caracteriza os sujeitos participantes desta pesquisa.

Figura 14 - Caracterização dos sujeitos da pesquisa

SUJEITO	SEXO	IDADE	COMPOSIÇÃO FAMILIAR	ESCOLARIDADE/ ESCOLA	DEFICIÊNCIA/ PATOLOGIA
A1	Fem.	18	Pais e um irmão	3º ano EMP/ Estadual 2ºsem graduação/ Particular	Cegueira congenita/ Câncer nos dois olhos
A2	Masc.	19	Pais e um irmão	3º ano EMP/ Estadual	Cegueira congenita/ Sequela de Rubéola na gravidez
P1	Masc.	23	Pais	3º ano EMP/ Estadual	Cegueira adventícia/ retinopatia

Fonte: a pesquisa, a autora (2015)

Apesar de todos os três sujeitos participantes possuírem mais de 18 anos à época da participação nesta pesquisa, foi solicitado que assinassem um termo de consentimento de imagem e áudio (Apêndice B).

5.4 CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS: LOCAL DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Todos os três sujeitos participantes estavam frequentando escolas estaduais à época da aplicação das atividades propostas. A seguir apresenta-se a caracterização destas instituições.

5.4.1 Escola B

A escola que A1 frequentava, aqui identificada por B, é uma escola estadual localizada na serra gaúcha, pertencente à 4ª CRE, sendo de localização urbana. Esta escola oferece os cursos de Ensino Fundamental e Médio Politécnico. Também apresenta o EJA Ensino Médio. É uma escola muito bem estruturada, apresentando, entre outros serviços, laboratório de informática, banco de livros, biblioteca escolar e sala de recursos do tipo II, que disponibiliza equipamentos, materiais didáticos e pedagógicos para acessibilidade de alunos com deficiência visual. Esta escola também possui um professor especializado para dar atendimento ao aluno cego ou com baixa visão. A aplicação do conjunto de atividades proposto foi realizada nesta sala.

5.4.2 Escola C

A escola C aqui identificada, frequentada pelo aluno A2, é uma escola estadual pertencente à 28ª CRE, sendo localizada na região metropolitana do delta do Jacuí, também de localização urbana. Esta escola oferece os cursos de Ensino Fundamental e Médio Politécnico. Apesar de ser uma escola bem estruturada, apresentando, entre outros serviços, laboratório de informática e biblioteca escolar, não possui sala de recursos para acessibilidade de alunos com deficiência visual. Esta escola não possui um professor especializado para dar atendimento ao aluno cego ou com baixa visão, sendo que este atendimento é feito pelo serviço de orientação escolar quando necessário e, para auxiliar na aprendizagem, o aluno cego é convidado a frequentar a sala de recursos de outra escola da rede estadual. Por este motivo a aplicação do conjunto de atividades proposto foi realizado no laboratório de ciências da escola.

5.4.3 Escola D

A escola frequentada pelo aluno P1, aqui identificada por D, é uma escola estadual pertencente à 27ª CRE e sua localização geográfica a insere no Vale do Rio dos Sinos. Esta escola oferece os cursos de Ensino Fundamental e Médio Politécnico. Também apresenta o curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio e curso Técnico em Administração. É uma escola muito bem estruturada, apresentando, entre outros serviços, laboratório de informática, biblioteca escolar e sala de recursos do tipo II. A escola também possui um professor especializado para dar atendimento ao aluno cego ou com baixa visão. Por sugestão de P1, as atividades propostas foram realizadas na biblioteca da escola.

5.5 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Após a definição da problemática a ser investigada, a revisão de literatura e o estabelecimento dos critérios para a escolha dos sujeitos participantes desta pesquisa, passou-se para o delineamento dos aspectos gerais, do teste-piloto e dos itens norteadores da escolha e do desenvolvimento do conjunto de procedimentos educacionais propostos, a serem desenvolvidos em três encontros.

5.5.1 Teste-Piloto

Nesta pesquisa, utiliza-se o teste-piloto como suporte para a elaboração da atividade definitiva e a escolha dos sujeitos.

Como à época da aplicação do teste-piloto, para validação dos instrumentos e metodologia, a pesquisadora atuava em uma escola inclusiva, ministrando aulas de química orgânica para o terceiro ano do ensino médio, onde estava matriculado e frequentando regularmente um aluno cego, foi possível que este participasse da aplicação de um experimento inicial. A pesquisa com este aluno, identificado como P1, foi realizada em quatro encontros em horário inverso ao que ele frequentava o ensino regular.

Como o foco da pesquisa era investigar de que maneira e com que características alunos cegos constroem representações mentais de modelos bi e tridimensionais de estruturas químicas e sua geometria molecular, os encontros com

P1 foram importantes para refinar a estratégia pedagógica aplicada, o material alternativo utilizado e os sujeitos a serem pesquisados.

Foram realizados quatro encontros com o aluno P1, com um intervalo de quinze dias entre eles. Na Figura 15, a seguir, está a organização destes encontros:

Figura 15 - Organização do Teste-Piloto

	ATIVIDADES	ESTRATÉGIA	MATERIAL UTILIZADO
1º Encontro	Socialização entre pesquisadora e pesquisado	Entrevista semiestruturada. Abordagem <i>Think Aloud</i>	
2º Encontro	Representação das imagens mentais de estruturas químicas das moléculas da água e do gás oxigênio	Entrevista semiestruturada. Abordagem <i>Think Aloud</i>	Modelo Molecular Alternativo (massa de modelar e palitos)
3º Encontro	Representação das imagens mentais de estruturas químicas das moléculas da amônia e do gás metano	Aula dialogada sobre ligações, Entrevista semiestruturada. Abordagem <i>Think Aloud</i>	Modelo Molecular Alternativo
4º Encontro	Representação das imagens mentais de estruturas químicas	Entrevista semiestruturada. Abordagem <i>Think Aloud</i>	Modelo Molecular Convencional. Modelo Molecular Alternativo (bolas de isopor e palitos)

Fonte: A autora (2015)

As entrevistas realizadas mostraram ser a principal fonte de dados, tanto para análise do discurso de P1, quanto para a análise dos gestos produzidos por este estudante durante as entrevistas. Um dos fatores positivos observado durante a aplicação do Teste-Piloto foi a aceitação por parte do aluno cego dos modelos moleculares alternativos utilizados para a construção das representações de suas imagens mentais, o que pode vir a favorecer o caráter investigativo quanto à capacidade de construção destas imagens e, assim, auxiliar na internalização do conhecimento químico de um aluno cego.

A importância deste teste-piloto está na validação da metodologia utilizada para um conjunto de procedimentos educacionais intencionais direcionados ao ensino e à

aprendizagem de química, através de registro verbal e registro dos gestos realizados durante as explicações por alunos cegos congênitos.

Com o teste-piloto foi possível identificar situações que deveriam ser revistas para futura aplicação. A primeira modificação praticada está na estrutura dos encontros que deveriam passar para três ao invés de quatro, para não se tornarem repetitivos e cansativos para o aluno. Como a análise que se pretende realizar é do tipo microetnográfica, modificaram-se também as estruturas de cada encontro, que foram divididos em três momentos para o 1º e 2º encontro e para dois momentos no 3º encontro, mostrando claramente uma abordagem inicial e outra final, a fim de deixar os roteiros com característica mais qualitativa. E, por fim, a escolha por cegos congênitos como os sujeitos participantes do conjunto de atividades educacionais aqui proposto.

Assim, seguiu-se ao delineamento dos aspectos gerais e dos itens norteadores da escolha e do desenvolvimento de cada um destes encontros, a saber:

- Entrevista semiestruturada com uma abordagem do tipo *Think Aloud*. Este tipo de abordagem usa a estratégia de estimular o entrevistado a falar tudo o que pensa, aqui com a mediação do professor. Verbalizar em voz alta a descrição das representações mentais utilizadas para realizar a atividade proposta permite modelar a construção de um significado a partir de um questionamento (CONNER, 2004).
- Observação e registro em áudio e vídeo dos gestos e representações das imagens mentais, da linguagem verbal e da organização para a realização da atividade proposta, a fim de evidenciar a internalização de determinados conceitos químicos relativos a ligações químicas e isômeros *CIS/TRANS*.

5.5.2 A Entrevista

Optamos por um roteiro de entrevista semiestruturada, com proposições amplas e abertas no início, o que permitia que o aluno cego falasse livremente sobre o assunto abordado, possibilitando que conteúdos latentes pudessem vir à tona na representação das imagens mentais e na ressignificação dos conceitos químicos relacionados a Ligações Químicas e à Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da

Camada de Valência (RPECV). Para isso, foi utilizado um roteiro básico e flexível que permitiu obter a informação imediata, esclarecer pontos relevantes e ainda adaptar ou inserir questões que não estivessem sendo abordadas. Este roteiro serviu de guia para a pesquisadora (Apêndice C).

O método proposto para aplicação da entrevista é uma adaptação do método do *Protocolo Verbal Think Aloud* (VAN-SOMEREN et al, 1994), onde a estratégia é fazer o entrevistado falar tudo o que pensa. Este protocolo tem sua origem na Psicologia, sendo desenvolvido a partir do método da introspecção (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994). Baseado na idéia de que se pode observar eventos que ocorrem na consciência, semelhante à maneira como se observam eventos no mundo exterior, tem aplicações sobre processos cognitivos em pesquisas na área da Psicologia e da Educação, sendo, em muitos casos, uma fonte única de informação.

O método *Think Aloud* trata de protocolos verbais acessíveis, como dados, evitando interpretações do assunto e usa um processo de verbalização muito simples, o que o torna um método objetivo. Adaptações deste método permitem que o aluno aprenda a controlar o seu pensamento e melhora a sua compreensão de um texto, por exemplo, ao retardar o processo de leitura. Algumas tarefas de resolução de problema envolvem naturalmente o diálogo, que podem ser gravados em áudio ou vídeo e o *Protocolo Think Aloud* pode ser usado como fonte de dados verbais em relação ao processo (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994).

Como os sujeitos desta pesquisa são alunos cegos congênitos, esta abordagem permitiu que construíssem imagens mentais à medida que eram instigados a responder aos questionamentos feitos pela pesquisadora. Ao usar os conhecimentos prévios que possuem sobre o assunto sobre ligações químicas, geometria molecular e isomeria *CIS/TRANS* se conectaram e construíram representações para suas imagens mentais, através de uma 'visualização' guiada, usando para isso modelos alternativos.

Para Yoshida (2008), este método, o *Protocolo Think Aloud*, coloca os sujeitos pesquisados falando, para o pesquisador, o que estão pensando e fazendo ao executar uma tarefa. Os participantes são geralmente instruídos a manter o pensamento em voz alta, agindo como se eles estivessem sozinhos em um ambiente, falando para si mesmos. Estas verbalizações são então gravadas em áudio e/ou vídeo e depois transcritas para análise de conteúdo. Em muitos casos, os protocolos verbais

são codificados em categorias específicas que tenham sido previamente desenvolvidos pelo pesquisador (YOSHIDA, 2008).

Durante a realização das entrevistas os estudantes A1 e A2 foram estimulados a usar a imaginação, com o objetivo de criar imagens mentais, usando, para isso, a mediação do pesquisador e assim proporcionar um tempo para que o aluno cego pudesse verbalizar, discutir e representar, com o uso de modelos, estas imagens.

5.5.3 A representação das imagens mentais

O uso da imaginação, que permite a geração de uma imagem mental durante a resolução do problema proposto, requer que o aluno cego congênito esteja ativamente engajado com a atividade proposta. Ao compartilhar a imagem criada em sua mente, fazendo sua descrição, o aluno cego consegue “desenhar” esta representação mental, com o uso de modelos moleculares ou gestos, relacionando-a com a definição do fenômeno químico e, ao fazer isso, representar o tipo de imagem que construiu. As imagens criadas são inerentes a cada um dos entrevistados, devendo ser compreendidas e respeitadas.

Devido à limitação visual que estes alunos cegos congênitos apresentam, foi necessário o uso de uma metodologia diferenciada e adaptada às suas necessidades. Este fato define uma estrutura mental diferente daquela de alunos videntes, já que o aluno cego congênito necessita de outros caminhos para perceber o mundo, o que marca uma forma diferenciada da estruturação e organização do processo cognitivo.

Este fato pode ser exemplificado com os conceitos de espaço e tempo. No caso de espaço, os elementos que dão as informações são diferentes para alunos videntes e alunos cegos: os alunos videntes utilizam muito mais da visão do que os outros sentidos, enquanto que o aluno cego se utiliza mais de uma exploração tátil e cenestésica. Isso fica evidente nas palavras de Amiralian (2002):

Devemos ter sempre em mente que, para os videntes, o mundo mental dos cegos é um conceito nebuloso, organizado por analogias ou inferido de situações que consideramos semelhantes às deles. Dessa maneira, o mundo mental dos videntes é construído pelos cegos. Por exemplo, para nós é muito difícil pensar em uma representação mental sem a imagem visual, ou o que seja o conceito tátil-cenestésico de cadeira, assim como para os cegos congênitos, a visualização dos objetos é um dado impossível (AMIRALIAN, 2002, p.207).

5.6 CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS EDUCACIONAIS APLICADO A ALUNOS CEGOS CONGÊNITOS

Para a aplicação do conjunto de procedimentos educacionais adequado (CAMARGO, 2012) ao aluno cego congênito, aqui proposto, foram realizados sete procedimentos básicos relacionados a seguir, adaptados de Camargo (2005):

- 1) A elaboração de um conjunto de atividades de ensino de Química com determinadas características pedagógicas e sensoriais.
- 2) A construção e/ou adaptação de material pedagógico que permite estabelecer interações não visuais de determinados conceitos químicos.
- 3) A busca pelos sujeitos da pesquisa.
- 4) A aplicação do conjunto de atividades proposto aos alunos cegos congênitos.
- 5) O registro através de vídeo e áudio dos momentos de aplicação das atividades.
- 6) A transcrição na íntegra das atividades.
- 7) A análise dos registros por meio de critérios de análise de conteúdo.

Foram realizados três encontros que ocorreram com um intervalo de 15 dias entre os dois primeiros e um ano entre estes e o terceiro encontro, com o objetivo de responder nosso problema de pesquisa para este estudo, citado no subcapítulo 1.3 desta tese.

A fim de que modelos explicativos para os fenômenos estudados fossem explicitados e submetidos a questionamentos, o conjunto de atividades aplicadas contemplaram momentos de resolução dos problemas propostos e de entrevistas não estruturadas, que pudessem permitir a estes alunos mostrar as características de tais imagens. Estes momentos ocorreram muitas vezes simultaneamente, o que justifica a não aplicação de pré e pós-testes escritos em braile.

O conjunto de procedimentos educacionais aplicados foram aqui denominados de Primeiro, Segundo e Terceiro Experimento e estes divididos em três momentos distintos.

5.6.1 O primeiro experimento

Este primeiro experimento foi pensado em quatro etapas distintas:

1ª Etapa – usando modelo molecular alternativo (Apêndice D): após uma breve socialização entre pesquisador e aluno cego, foi solicitado a este aluno a resolução de um problema sobre ligações químicas e geometria molecular, usando para isso um modelo molecular alternativo, com o objetivo de compreender de que forma este aluno cego constrói e expressa suas imagens e representações mentais durante o processo de aprendizagem. Para tanto, foi solicitado aos estudantes A1 e A2 que, a partir de suas imagens mentais, representasse as moléculas da Água (H_2O), do Gás Oxigênio (O_2), da Amônia (NH_3) e do Metano (CH_4). Durante a realização desta etapa, a pesquisadora participou como mediadora, instigando o estudante a participar ativamente na resolução da tarefa proposta. A Figura 16, a seguir, apresenta o modelo molecular alternativo, pensado para ser usado como uma estratégia alternativa na falta de modelos convencionais, construído com massa de modelar, pontas de pipeta e tubos de silicone:

Figura 16 - Modelo molecular alternativo



Fonte: A autora (2015)

2ª Etapa – entrevista semiestruturada: foi realizada uma entrevista conduzida a partir de um roteiro previamente elaborado. Entretanto este roteiro foi seguido com certa liberdade em virtude das respostas que A1 e A2 ia proporcionando. O roteiro desta entrevista, parte do conjunto de atividades proposto, foi estruturado seguindo o

conteúdo químico que A1 e A2 já haviam visto durante o Ensino Médio Politécnico, o que justifica a escolha por alunos matriculados no 3º ano. A Figura 17, a seguir, mostra o roteiro da entrevista semiestruturada aplicada no primeiro encontro:

Figura 17 - Entrevista semiestruturada do 1º experimento

1. Como você constrói a fórmula da água?
2. Como ocorrem essas ligações?
3. Como você constrói a fórmula do gás oxigênio?
4. Como ocorrem essas ligações?
5. Como você constrói a fórmula da amônia?
6. Como ocorrem essas ligações?
7. Como você constrói a fórmula do metano?
8. Como ocorrem essas ligações?

Fonte: Aautora (2015)

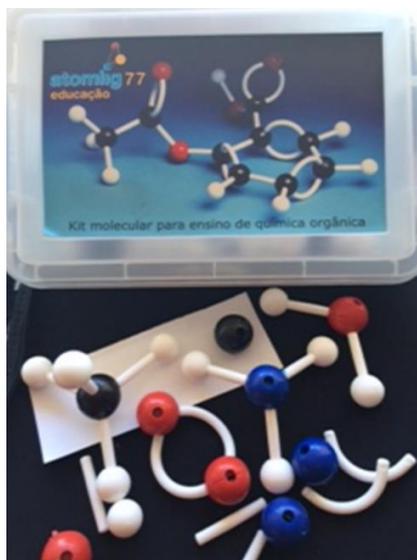
Durante a realização da primeira entrevista, ficou claro que não seria possível seguir um roteiro único, ao permitir ao aluno cego verbalizar quais os processos de pensamento construídos na resolução dos problemas apresentados. O roteiro se tornou específico para cada aluno e encontra-se transcrito nas gravações feitas.

3ª Etapa – usando o modelo molecular convencional do tipo balls-and-stick (Apêndice E): ao manipularem este modelo molecular convencional, foi possível que A1 e A2 percebessem as representações das moléculas que haviam sido propostas e trabalhadas no início das atividades, aplicando a geometria molecular para cada um dos compostos que foram utilizados.

O uso de modelos moleculares proporciona uma maneira de estudar e entender melhor a estrutura molecular invisível aos nossos olhos, uma vez que permite uma forma de representá-las. É uma estratégia valiosa no ensino de conceitos químicos, o que justifica a escolha de permitir observar as ressignificações dos alunos cegos aqui investigados em relação às suas imagens mentais (LIMA, 1999).

Nesta etapa, foi solicitado aos alunos A1 e A2 que construíssem novamente a molécula da água, gás oxigênio, amônia e metano usando o modelo molecular convencional, como mostra a Figura 18 a seguir:

Figura 18- Modelo molecular convencional



Fonte: A autora (2015)

Esta parte do conjunto de atividades proposto teve o auxílio da pesquisadora atuando como facilitadora da aprendizagem. Realizou-se um *briefing* sobre ligações químicas e sobre o modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (RPECV), onde apenas a repulsão entre pares isolados (p.i.) e pares ligados (p.l.) ao redor do átomo central são relevantes na determinação das geometrias moleculares.

4ª etapa – usando modelo molecular alternativo: novamente, com o uso do modelo molecular alternativo já mostrado aqui, solicitou-se que estes alunos construíssem suas representações mentais para as moléculas da água, do gás oxigênio, da amônia e do metano.

Aqui também foi realizada a entrevista semiestruturada utilizada na 1ª etapa deste encontro, com o objetivo de constatar alguma mudança no processo de raciocínio do aluno ao descrever suas imagens e representações mentais.

Todo este experimento foi registrado em áudio e vídeo.

5.6.2 O 2º experimento

O segundo experimento ocorreu duas semanas após transcorridas as atividades propostas de resolução de problemas e entrevistas ocorridas no primeiro experimento

Este segundo experimento foi pensado em cinco etapas distintas:

1ª e 2ª etapas – usando modelo molecular alternativo e entrevista semiestruturada: foi solicitado a A1 e A2 a resolução do mesmo problema sobre ligações químicas e geometria molecular, usando para isso o modelo molecular alternativo. O aluno deveria, a partir de suas imagens mentais, representar as moléculas da água (H_2O), do gás oxigênio (O_2), da amônia (NH_3) e do metano (CH_4). Durante a realização desta etapa, a pesquisadora participou como mediadora, instigando o aluno a participar ativamente na resolução da tarefa proposta.

Uma das modificações no conjunto de atividades que se optou por fazer para este segundo experimento foi o de colocar mais questões no roteiro da entrevista. Isso foi ponderado para que se tivesse mais opções de questionamentos que estimulassem a participação dos alunos durante a entrevista individual. Estes novos questionamentos permitiram que fossem abordados conteúdos tácitos que os alunos já possuíam, e também novos conceitos que proporcionaram à pesquisadora uma melhor compreensão da evolução cognitiva dos estudantes, após ter passado pela resolução de uma situação-problema com o uso de diferentes modelos moleculares. A seguir, a Figura 19 traz o roteiro desta entrevista:

Figura 19 - Roteiro de entrevista semiestruturada do 2º experimento

1. Como você imagina a molécula destas substâncias?
2. Como é a imagem que você construiu mentalmente?
3. Como você descreveria esta representação?
4. De que forma vê os átomos/ligações?
5. Qual a forma que eles têm?
6. Como vê as ligações?
7. Você tem noção de plano e de espaço?

8. Qual o tamanho que esta molécula tem na sua imagem mental?
9. Onde ela está localizada na sua imagem mental?
10. Consegue montar as moléculas (geometria correta)?
11. Vê as moléculas em 3D, quando é o caso?
12. Estas moléculas estão paradas ou em movimento?

Fonte: A autora (2015)

3ª Etapa – usando o modelo molecular convencional (balls-and-stick):

neste segundo experimento, esta etapa apresentou como diferencial da primeira colocar as estruturas moleculares já prontas para o aluno manusear e, assim, perceber a representação das moléculas que haviam sido propostas.

4ª etapa – usando modelo molecular alternativo: novamente, com o uso do modelo molecular alternativo já mostrado aqui, foi solicitado que estes alunos construíssem suas representações mentais para as moléculas da água, do gás oxigênio, da amônia e do metano.

5ª etapa – usando modelo molecular alternativo de bolas de isopor e palitos de madeira (Apêndice F): este segundo modelo molecular alternativo foi pensado para que o aluno cego montasse suas imagens mentais, através de representações que permitissem ao pesquisador uma melhor compreensão da evolução cognitiva dos alunos aqui investigados, após terem passado pela manipulação de diferentes modelos, além de dar a oportunidade de identificar os seus conhecimentos implícitos.

A 5ª etapa foi pensada para o segundo experimento na tentativa de identificar como os conhecimentos adquiridos foram externalizados através da representação de imagens mentais, com o uso de material alternativo que apresentava alguma semelhança com o modelo convencional, e assim mostrar as modificações que a mediação com o uso de diferentes modelos gerou na estrutura cognitiva dos alunos investigados.

Este modelo molecular alternativo foi construído com o uso de bolas de isopor de diferentes tamanhos para representar os átomos, e de palitos de madeira para representar as ligações. A Figura 20 a seguir, mostra este modelo:

Figura 20 - Modelo molecular alternativo de bolas de isopor e palitos



Fonte: A autora (2015)

Tendo como foco de interesse a construção do conhecimento químico e a evolução cognitiva por parte de um aluno cego congênito, a aplicação dos dois experimentos seguiu um conjunto de atividades aplicadas individualmente aos dois alunos cegos aqui descritos. Este conjunto de atividades versa sobre alguns conceitos fundamentais para a compreensão do comportamento dos átomos na formação de moléculas e sua geometria.

Os procedimentos metodológicos de observação e de coleta de dados, através de gravações de áudio e vídeo, foram respeitados durante a aplicação de todas as atividades em ambos os experimentos, com o objetivo de criar indícios para responder ao objetivo geral desta investigação.

Para atender aos objetivos da pesquisa, em suas diferentes etapas, a coleta de dados foi efetivada com a preocupação de obtenção dos dados, para atingir a validade e a fidedignidade da investigação, nas atividades desenvolvidas durante as quais foram utilizados diferentes recursos, tais como, material concreto adaptado e convencional, gravador e filmadora.

5.6.3 O 3º Experimento

O terceiro experimento foi aplicado um ano após o segundo experimento. O pouco tempo para a realização do conjunto de atividades proposto para este terceiro experimento obrigou a duas alterações em relação aos dois experimentos anteriores. Além de produzir um conjunto de atividades educacionais com o conteúdo de Isomeria Geométrica Cis/Trans, também se optou por mudar a sistemática do conjunto de atividades proposto. Os sujeitos que participaram deste experimento foram os mesmo dos experimentos um e dois.

Para este experimento, foi feito um planejamento conforme as etapas descritas abaixo:

1ª etapa: usando modelo atômico convencional

Solicitou-se a A1 e A2 que, usando a percepção tátil, descrevessem as estruturas do etano e do cloroetano e suas diferenças e semelhanças. Após, foi solicitado a estes alunos que fizessem o mesmo para as estruturas do 1,1-dicloroetano e 1,2-dicloroetano; do eteno (etileno) e do 1,2-dicloroetileno (CIS/TRANS). Para tanto, foram apresentadas as estruturas já montadas com o uso do modelo atômico convencional (Apêndice E).

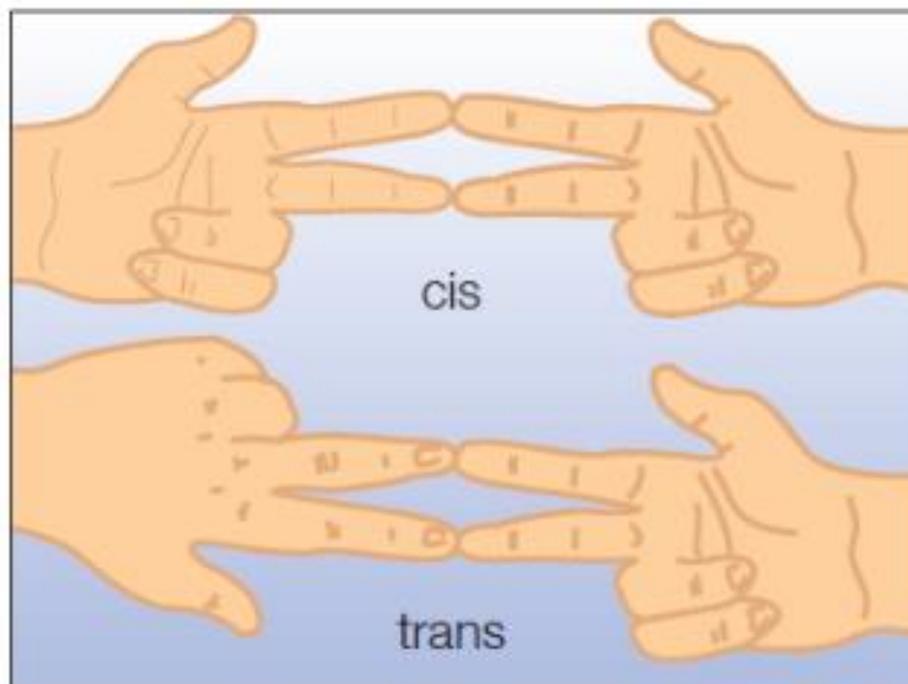
Durante a realização desta etapa, a pesquisadora participou novamente como mediadora, instigando o aluno a participar ativamente na resolução da tarefa proposta.

2ª Etapa: usando as mãos para entender o que é CIS/TRANS

Nesta etapa, a pesquisadora usou as mãos para representar o posicionamento dos ligantes para as estruturas que apresentam isomeria CIS ou TRANS. Ao convidar que A1 e A2 usassem a percepção tátil para entender este posicionamento, permitiu que estes alunos assimilassem tais conceitos, já que os dois haviam tido poucas aulas sobre este conteúdo.

O uso das mãos mostrou-se uma estratégia adequada para A1 e A2, pois estimulou o uso de gestos para descrever imagens mentais. A Figura 21, a seguir, mostra a representação das mãos que foi usada:

Figura 1 - Representação simplificada da diferença na estrutura dos isômeros geométricos



Fonte: Usberco e Salvador (2002, p. 556)

3ª Etapa: usando modelo molecular alternativo

Com o uso do modelo molecular alternativo (Apêndice D) utilizado nos dois primeiros experimentos, foi solicitado novamente que estes alunos construíssem suas representações mentais para as moléculas do 1,2-dicloroetileno (CIS/TRANS).

Uma das modificações no conjunto de atividades escolhido para este terceiro experimento foi o de colocar mais questões no roteiro da entrevista semiestruturada utilizada. Isso foi feito para que houvesse mais opções de questionamentos que estimulassem a participação de A1e A2 durante a entrevista, que foi realizada individualmente. Estes novos questionamentos permitiram abordar conteúdos tácitos que os alunos já possuíam sobre ligações simples e duplas e também novos conceitos que permitiram à pesquisadora uma melhor compreensão da evolução cognitiva dos estudantes, após ter passado pela resolução de uma situação-problema com o uso de diferentes modelos moleculares para representar o conceito de Isomeria Geométrica CIS/TRANS.

Um protocolo de entrevista semiestruturada, utilizando a abordagem de pensamento em voz alta, foi construído com base nos conceitos de Isomeria Geométrica CIS/TRANS de compostos de cadeia aberta.

Para tanto utilizou-se como guia uma questão-chave: *Se eu tiver uma estrutura CIS ou TRANS, este composto apresenta isomeria, na sua opinião? Como você poderia explicar isso?*

Também foram utilizadas questões auxiliares do tipo: *Como você sabe? Como você pode descrever isso?*

Todas as etapas deste experimento foram gravadas em áudio e vídeo para que fosse possível retornar à cena sempre que fosse necessário elucidar dúvidas ou complementar dados. A seguir, na Figura 22, o roteiro da entrevista usada nesse 3º experimento:

Figura 22 - Roteiro de entrevista semiestruturada do 3º experimento

1. Como você imagina, na sua cabeça, um átomo, uma ligação, uma molécula?
2. Como você descreveria esta imagem?
3. Você tem noção de plano e de espaço? Usando as mãos como você descreveria estes dois conceitos?
4. Na sua imagem, as moléculas são grandes ou pequenas?
5. Os átomos, na sua imagem, possuem o mesmo tamanho?
6. Onde ela está na imagem mental?
7. Como você descreveria, usando as mãos, a posição dos átomos na sua imagem mental?
8. Conseguir montar as moléculas?
9. Vê as moléculas em 3D, no espaço, quando é o caso?
10. As moléculas na sua imagem estão paradas ou se movimentam?
11. Você sabe dizer o que é isomeria?

- 12.Sabe o que é isomeria CIS/TRANS? (Dê um exemplo de moléculas que apresentam isomeria CIS/TRANS)
- 13.Usando suas mãos você sabe mostrar as posições CIS/TRANS?
- 14.Como surgem suas imagens, uma a uma ou todas ao mesmo tempo?
- 15.Como é a rotação (se existe) para ocorrer CIS/TRANS?
- 16.Você sabe dizer quais as propriedades que mudam com a rotação?
- 17.Você já tinha visto este tipo de representação?
- 18.Você sabe se existe isomeria para o 1,1 e 1,2-dicloroetano? E para o 1,2-dicloroetileno?

Fonte: A autora (2015)

O uso de estratégias facilitadoras para a aprendizagem destes alunos em classes regulares permite que uma série de condições sejam satisfeitas. Para Haris e Hodges (1999), estratégias de ensino que incluem operações ou atividades que buscam um determinado propósito fazem com que o aluno seja capaz de relacionar, de forma não arbitrária e substancial, uma nova informação com os conhecimentos e experiências que possui em sua estrutura de conhecimentos, aprendendo significativamente quando os materiais e instrumento utilizados são apropriados e possuem um significado lógico.

Para Souza (2004), quando são estabelecidas conexões com algum mecanismo externo, é necessário criar *drivers* que possam auxiliar a compreender o funcionamento deste mecanismo e, ao mesmo tempo, interagir com este mecanismo para que as informações possam ser processadas. Para este autor, cada etapa no processo da evolução cognitiva representa uma mudança profunda nos mecanismos internos, que são usados por um indivíduo para potencializar as suas atividades intelectuais. Souza et al (2012, p. 3): considera que:

(...) os padrões individuais de pensamento, isto é, as suas abordagens lógicas, estratégias, competência e raciocínio, são, numa extensão significativa, definidas pelos mecanismos de mediação formados por meio de uma história pessoal de interação com os diferentes tipos de grupos sociais,

ferramentas, instrumentos e outros elementos culturais, muito como previsto nas teorias socioconstrutivistas.

Segundo Libâneo (1994), existe a possibilidade de ocorrer o ensino e a aprendizagem quando, de um lado, o professor tem clareza quanto a determinados objetivos e apresenta o conhecimento sistematizado através de métodos apropriados e, de outro, quando o aluno é capaz de compreendê-los e aplicá-los com consciência e autonomia.

Passa-se, assim, à aplicação do conjunto de atividades proposto e à organização dos registros bem como à análise e interpretação dos dados, buscando identificar marcas significativas no discurso dos alunos A1 e A2, levantando aspectos de singularidade e regularidade a partir de recortes que as falas destes sujeitos convidaram a fazer, construindo arranjos por temas recorrentes para organização e sistematização dos dados obtidos e sua interpretação.

6 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Neste capítulo apresenta-se a análise e a interpretação de todos os dados coletados que se mostraram pertinentes para esta pesquisa, mostrando as articulações que os alunos A1 e A2 expõem em relação à aquisição de representações e *drivers* atomísticos e moleculares, durante a aplicação do conjunto de procedimentos educacionais intencionais (CAMARGO, 2012), aqui adequado a alunos cegos congênitos. Em seguida são apresentados os resultados da aplicação destas atividades, sendo o objetivo, neste caso, o de aprofundar o conhecimento sobre a relação entre o aumento da gesticulação/imaginação e as representações das imagens mentais, construídas por cada um destes alunos com as atividades aplicadas.

6.1 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

As gravações em áudio e vídeo, que registraram os encontros com os alunos A1 e A2, passaram pelo tratamento de transposição da linguagem falada para a escrita e os gestos captados pelas imagens foram descritos e reunidos às anotações feitas durante as observações, convertendo-se no material para análise e interpretação dos dados.

A partir dos vídeos produzidos nos encontros realizados, para proceder à análise e interpretação dos mesmos, passa-se à tarefa de identificação de gestos significativos que A1 e A2 mostraram durante a realização dos experimentos, levantando aspectos particulares e aceitáveis através de recortes das entrevistas e das imagens que os dois alunos foram convidados a fazer, construindo arranjos por temas recorrentes para organização e sistematização destes dados e sua interpretação.

A aplicação do conjunto de procedimentos educacionais aqui apresentados, e já descritos no capítulo 5, ocorreu em três encontros distintos, com um intervalo de 15 dias entre os dois primeiros, considerando a disponibilidade dos alunos participantes, sendo que o tempo médio para cada encontro foi de aproximadamente três horas para cada aluno. O terceiro encontro ocorreu um ano após o segundo, sendo o tempo gasto para a aplicação do conjunto de atividades de aproximadamente duas horas. Vale aqui salientar que estes encontros foram individuais e ocorreram nas instituições de

ensino que A1 e A2 frequentavam à época. Os alunos se mostraram igualmente importantes para esta pesquisa, porém o que foi interpretado mostrou-se relevante e particular de cada um. Isso é justificado pelo fato de A1 e A2 terem demonstrado ao longo destes encontros um certo crescimento na realização das atividades propostas, mostrando uma mudança significativa na organização das representações construídas a partir de suas imagens mentais, o que ficou evidente no aumento de gestos para descrever suas representações próprias e também aquelas após o uso de modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*.

Assim, foi delineado o processo de análise, descrito a seguir:

- Destaque dos elementos significativos (que se destacaram como importantes para a análise) que surgiram em relação às imagens mentais destes alunos;
- Arranjo por tema recorrente em relação à imagem mental descrita e sua representação;
- A relação entre o discurso, os gestos e as representações das imagens mentais que A1 e A2 fizeram.

Para que isso fosse possível, foi utilizado um roteiro de análise dos dados selecionados entre a imagem mental descrita, a representação construída e os gestos usados para a descrição destas imagens.

Após a conclusão do processo de transcrição das entrevistas, passou-se à análise das representações das imagens mentais e dos gestos que acompanharam a descrição de cada uma destas representações dos alunos A1 e A2. A primeira análise realizada diz respeito aos gestos utilizados pelos alunos enquanto descreviam suas imagens mentais. Para a identificação dos *drivers* e para a constatação de aprendizagem ou não, foram utilizadas as falas de cada aluno durante as entrevistas realizadas.

Também vale salientar que as entrevistas, apesar de possuírem um roteiro, não eram fechadas e, em alguns aspectos, tornaram-se diferentes para cada aluno, visto que, sempre que necessário, A1 e A2 foram questionados, em diferentes pontos, para que fosse possível a identificação da relação entre a imagem mental descrita, a representação feita e os gestos realizados, utilizando para isso a técnica *Think Aloud*

(VAN-SOMEREN et al, 1994) ao serem instigados a pensar em voz alta quando estavam em processo de resolução da atividade proposta.

Os resultados obtidos revelam a evolução que A1 e A2 mostraram em relação aos gestos e representações próprias e a geometria molecular das substâncias trabalhadas durante as atividades. Este fato fica evidente na análise das representações que estes alunos fizeram para a molécula de gás oxigênio e gás metano.

Tal evolução é observada na Figura 23, a seguir, em que o aluno A2 mostra a representação da sua imagem mental para a molécula de gás oxigênio quando da aplicação da etapa 1 do primeiro experimento, onde a ligação dupla entre os átomos de oxigênio é representada como parte integrante da molécula deste gás (Figura 23a). A segunda representação (Figura 23b) mostra a molécula após este aluno ter tido contato com o modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*. Já a Figura 23c mostra a representação que A2 faz para o gás oxigênio na etapa 1 do segundo experimento, 15 dias após o primeiro encontro, com o átomo de oxigênio sendo representado como uma esfera oca.

Figura 23 - Evolução das representações de A2 para a molécula de gás oxigênio



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Em uma análise geral para a representação da molécula de gás oxigênio por A2, percebeu-se que, na primeira representação, o átomo de oxigênio e as ligações que ocorriam entre eles eram próprias deste aluno, onde o oxigênio foi representado pelas hastes transparentes e a massa de modelar como uma maneira de ligá-los entre si (Figura 12a).

Após a intervenção com o uso de modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks* (Apêndice E), na etapa 2 deste primeiro experimento, A2 faz uma representação prévia para a representação 3D desta molécula (Figura 23b) passando a representar corretamente as ligações nas suas posições 3D e dando a forma de

bola para o átomo de oxigênio. Sua representação passa a apresentar semelhança com o modeo do tipo *balls-and-sticks*.

Após 15 dias, quando da realização do 2º experimento, A2 passa a representar o átomo de oxigênio como uma esfera oca (Figura 23c). Este aluno não conhecia o modelo molecular convencional que lhe foi apresentado na etapa 2 do 1º experimento.

A evolução das representações das imagens mentais indica uma clara tendência deste aluno de internalizar as representações e seus invariantes, utilizados durante a instrução recebida com o uso do modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*, reproduzindo-as espontaneamente quando solicitado, novamente, para a molécula do gás oxigênio. Sua exposição mostra uma clara evolução de representações próprias quando representa o átomo de oxigênio na forma de uma esfera oca ao final da aplicação do segundo experimento (Figura 23c).

Para este aluno, a imagem para a molécula do gás oxigênio é dinâmica, fazendo um movimento de rotação no sentido horário, já quando da aplicação do 1º experimento. A Figura 24, a seguir, traz um trecho da entrevista em que A2 manifesta que sua a imagem mental para a molécula de oxigênio é dinâmica.

Figura 24 - Trecho da entrevista com A2, mostrando sua a imagem mental para a molécula de oxigênio como dinâmica

P: A tua imagem está se movimentando ou está parada?

A2: Ummm...está girando entre si, acredito.

P: Qual o movimento que faz?

A2: Assim (representa com a mão esquerda, no sentido horário, o movimento de sua imagem), para a esquerda.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Segundo Amiralian (1997), o cego substitui o que ele não vê por meio da linguagem, o que pode justificar, em alguns momentos, algumas palavras não compreensíveis ou parcialmente compreensíveis utilizadas por A2 para expressar pensamentos ou descrever determinadas situações.

Para este autor, o cego congênito percebe o mundo por meio de todos os outros sentidos que não a visão, e o significado do que lhe é transmitido, em sua maioria, por videntes que utilizam muito mais a visão do que os outros sentidos como fonte de informação e conhecimento, fazendo com que este sujeito tenha que fazer constantes “ajustes” entre aquilo que ele conhece por meio de suas percepções e aquilo que chega pela fala dos que o rodeiam (AMIRALIAN, 1997).

Para Vygotsky (1997), socialmente não existem limitações para as pessoas cegas já que estas têm a capacidade de se comunicar e apreender significados sociais por meio da palavra. E, ao associar a linguagem com gestos para descrever determinadas situações, tais gestos contribuem como uma pré-condição necessária para a representação linguística (BLASS et al, 1974).

A figura 25, a seguir, mostra o gesto do A2 para demonstrar o movimento que a molécula de gás oxigênio faz em sua imagem mental, demonstrando com a mão esquerda o sentido (horário) do movimento que a molécula de gás oxigênio apresenta na sua imagem mental.

Figura 2 - Gestos de A2 para mostrar o movimento que a molécula de oxigênio realiza na sua imagem mental



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para Kendon (1994), os gestos produzidos junto com o discurso desempenham um papel importante na comunicação. Com o movimento de sua mão, A2 indica a direção, o sentido do movimento de sua imagem e ao mesmo tempo confere ênfase a determinadas palavras que mostram este movimento.

6.2 ANÁLISE DAS IMAGENS MENTAIS E SUAS REPRESENTAÇÕES

A Química como ciência basicamente visual, tem seu aprendizado em relação ao aluno cego congênito muito pouco explorado quanto ao uso de representações atomísticas.

Uma forma dentre outras de investigar o desenvolvimento cognitivo de alunos cegos congênitos é procurar estudar a maneira pela qual eles formam conceitos dentro de uma concepção de aprendizagem centrada no aporte sensorial e, basicamente, na visão, conforme pesquisas que atestam que os olhos são responsáveis por no mínimo 80% das impressões recebidas de forma predominantemente visual (OLIVEIRA, 1998).

Para Warren (1980), o desenvolvimento conceitual de cegos é prejudicado não apenas pela falta de percepção sensorial na formação de conceitos que ocorre pela ausência da visão, mas também pela falta de experiências que lhes possibilitem esse desenvolvimento.

Ao serem questionados sobre quais imagens mentais estes dois alunos tinham para a molécula de água e como seriam as representações destas imagens, ambos se mostraram inseguros em relação ao que imaginar e como representar.

Sem dúvida, os nossos processos de imagens são, principalmente, em forma visual, e isso ocorre porque normalmente dependem de *input* (estímulo) visual em perceber o mundo, apesar de também poderem ser relacionados a outros estímulos, tais como o tato, a audição e o olfato. Já para um cego congênito o tato, a audição e o olfato podem fornecer informações suficientes que permitam que possa ser gerada uma representação interna confiável do mundo externo. Este fato pode ser observado nas palavras de Cattaneo (2011):

Na verdade, podemos extrair a forma de um objeto, vendo-a, podemos identificar e localizar uma pessoa que está falando através de ouvir seu/sua voz, bem como a visão e o olfato também oferecem informações importantes sobre objetos, detalhes (e pessoas) e sobre onde eles estão no espaço (CATTANEO, 2011) (Tradução nossa).

Nesse sentido, as representações mentais não “necessariamente” precisam de visão, mas podem ser geradas através de informações adquiridas em outras modalidades sensoriais ou acessando informações semânticas armazenadas na memória, tanto para cegos congênitos quanto para videntes.

6.2.1 Representações do 1º experimento da aluna A1: etapa 1

No 1º experimento foi solicitado à aluna A1 que imaginasse a molécula de água e que após fizesse a descrição de sua imagem. A Figura 26, a seguir, traz um trecho

da entrevista realizada durante este experimento, onde A1 é convidada a imaginar a molécula de água e depois descrevê-la.

Figura 26 - Trecho da entrevista com A1, sobre a molécula de água

P: Tu saberias me dizer qual a fórmula da água?

A1: H₂O

P: Tu consegues criar uma imagem mental para a molécula de água?

A1: Não exatamente.

P: Tu me disseste que a fórmula da água é H₂O. Que átomos tu tens na fórmula da água?

A1: Um átomo de Hidrogênio e dois de Oxigênio.

P: Vamos de novo. H₂O.

A1: Dois átomos de Hidrogênio e um de Oxigênio.

P: Para eles formarem a molécula da água esses dois hidrogênios e o oxigênio têm que estar ligados. Tu concordas comigo?

A1: Concordo.

P: Então, tenta imaginar como eles estão ligados.

A1: [silêncio]

P: Tu consegues imaginar?

A1: Acho que sim.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A dificuldade que A1 apresentou para imaginar a molécula da água pode ser relacionada ao fato de que imagens mentais processadas compartilham muitas características com a percepção visual original. Esta habilidade que os alunos videntes possuem, ao transferir determinados conceitos químicos, no uso de modelos atômicos, por exemplo, para demonstrar as ligações entre o átomo de oxigênio e os átomos de hidrogênio para a molécula da água, torna-se difícil para um aluno cego congênito ao tentar criar uma imagem mental de algo que nunca viu.

Para Vygotsky (1989), a aquisição de conceitos é distinta, ao considerar espontâneos aqueles que são adquiridos através da experiência pessoal do indivíduo, diferente dos científicos que são adquiridos em sala de aula. Este teórico critica a noção de que o conceito é uma estrutura mental abstrata distante da realidade concreta (VYGOTSKY, 1996). Ao invés disso, afirma que:

O verdadeiro conceito é a imagem de uma coisa objetiva em sua complexidade. Apenas quando chegamos a conhecer o objeto em todos os seus nexos e relações, apenas quando sintetizamos verbalmente essa diversidade em uma imagem total mediante múltiplas definições, surge em nós o conceito. (VYGOTSKY, 1996, p. 78).

A seguir, a Figura 27, a seguir, mostra as representações de A1 para a molécula de água, antes de ter contato com o modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*, demonstrando claramente que a imagem criada em sua mente é única:

Figura 3 - Representações para a molécula da água para a aluna A1 no início do 1º encontro: (a) representando o oxigênio; (b) a molécula de água completa; (c) a molécula de água representada em 2D



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Ao representar a imagem criada para a molécula de água, A1 demonstra conhecimento sobre as ligações entre os átomos. No entanto, a representação que faz para a molécula de água é em 2D. Esta aluna, neste momento, não faz distinção quanto à forma que os átomos possuem ao serem representados. A única distinção feita está no fato de representar o átomo de oxigênio maior que os átomos de hidrogênio e que a ligação entre os átomos era feita pelos elétrons (representados por A1 pela massa de modelar). Ao ser questionada se a molécula de água, que foi representada a partir de sua imagem mental, apresentava movimento, A1 afirma que, na sua imagem, a molécula de água está parada, estática. A seguir, a Figura 28, traz a fala de A1 que evidencia este momento:

Figura 28 - Transcrição da fala de A1 para descrever a imagem da molécula de água

P: Tu consegues montar o que tu me descreveste com o material que está sobre a mesa, na tua frente?

A1: Posso tentar. Então...esse é o oxigênio (haste maior). Posso descrever?

P: Sim...deve...

A1: O do meio é o oxigênio que é o maior. E os dos lados são os hidrogênios haste menor) e a massa de modelar são os elétrons compartilhados.

P: A tua imagem está parada ou está se mexendo?

A1: Se for água líquida ela está se mexendo. Quer dizer... Eu acho que sim....

P: Mas tu montaste essa imagem no teu cérebro.... Quando tu montaste a representação da tua imagem, ela estava parada ou estava se mexendo?

A1: Ela não estava se mexendo.

Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Ormelezzi (2000) constatou em suas pesquisas que a aquisição de representações mentais por cegos adultos, com a formação de imagens e conceitos ocorrendo através das experiências de tipo tátil, auditiva e olfativa, podem ser inter-relacionadas com a linguagem das pessoas videntes com quem interagem. Esta autora atribui a linguagem à aquisição de conceitos pouco ou nada acessíveis à percepção visual.

Com base nas colocações de Vygotsky (1989, 1996), a aquisição daquilo que a mente concebe ou entende, voltada para processos de mediação por signos, particularmente a mediação pela linguagem, coloca o foco nas interações entre pessoas, objetos e situações, como integrantes ativos de contextos sociais e culturais, ao longo do processo contínuo de apropriação do significado de uma ideia ou noção, representação geral e abstrata de uma realidade.

A 3ª etapa deste experimento mostra a evolução das representações de A1 para a molécula de água. Esta aluna, assim como o aluno A2, não conhecia o modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*. A aluna afirma que: “*mudei a imagem depois que vi os ângulos*”. Sua representação para a molécula de água passa a ser semelhante a feita com o modelo convencional.

No entanto, a forma que esta aluna dá para o átomo de hidrogênio, que agora é representado por ela na forma de um quadrado, é uma convenção que faz apenas para diferenciar o átomo de hidrogênio do átomo de oxigênio na sua representação.

Contudo, A1 mantém a diferença de tamanho entre os átomos. Isso fica evidente na sua representação, como mostra a Figura 29, a seguir:

Figura 4 - Nova representação para a água da aluna A1



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

O 2º experimento mostra que a aluna A1 foi capaz de internalizar o conceito de geometria molecular para a molécula de água, ao representar sua imagem após o uso do modelo molecular convencional do tipo *balls-and-sticks*. A seguir, a Figura 30 mostra a molécula de água que A1 representou no 2º encontro realizado, 15 dias após o primeiro encontro:

Figura 30 - Representação para a água no 2º experimento



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Em alunos cegos congênitos, que não possuem memória visual, muitas de suas imagens estão relacionadas às descrições dos videntes, onde as representações a serem elaboradas devem ser apresentadas de forma interligada aos sistemas conceituais já adquiridos e em fase de aquisição por este aluno (BATISTA, 2005).

6.3 ANÁLISE DOS GESTOS QUE ACOMPANHAM AS REPRESENTAÇÕES

A comunicação baseia-se não apenas na palavra falada, mas também na comunicação não verbal (ANDERSEN, 1999) onde todos os caminhos não verbais da comunicação possuem importância na expressividade da comunicação: expressão facial, distância interpessoal, orientação corporal, aparência física, gestos e posturas, mas os gestos têm um papel particularmente significativo, onde o uso das mãos possui a capacidade de substituir ou enfatizar o que está sendo dito através de palavras (ARGYLE, 1972; DAVIS, 1979; ANDERSEN, 1999).

Devido à semelhança entre os gestos produzidos por cegos e aqueles produzidos por pessoas que apresentam um certo retardo mental, levou a um conceito errôneo de que todo cego que gesticula apresenta algum dano cerebral (SCOTT, 1969). É provável que devido a este estigma, os gestos potencialmente positivos, específicos ou corriqueiros, em alunos cegos tenham sido negligenciados.

Estudos têm mostrado que, em relação a indivíduos videntes, os sujeitos cegos de nascença fazem uso limitado de gestos. Contudo, antes de concluir que os indivíduos cegos fazem uso limitado de gestos, as pesquisas devem ser ampliadas a situações que frequentemente promovam comparações diretas com indivíduos videntes.

Neste trabalho, os gestos significativos produzidos pelos alunos A1 e A2 foram considerados a fim de conseguir uma melhor interpretação das representações das imagens mentais que estes alunos construíram. Dessa forma, os gestos são considerados uma importante ferramenta para a descrição das imagens mentais ao serem tomados como uma linguagem própria, e não um complemento da linguagem verbal.

Aqui serão apresentados vários tipos de movimentos da mão relacionados à fala de A1 e A2 como tendo um papel fundamental no processo de codificação verbal (FREEDMAN, 1972; FREEDMAN; HOFFMAN, 1967). Ou seja, de acordo com a presente abordagem, os movimentos das mãos possuem a função de facilitar a transformação de pensamentos em palavras. Os gestos considerados são únicos e distintos para A1 e A2.

6.3.1 Gestos de descrição da molécula de água para A1 no 1º encontro

No que diz respeito ao aprendizado da linguagem, gesto e fala formam uma matriz única cognitiva, ou seja, um sistema integrado de significação, conforme sugerem Butcher e Goldin-Meadow (2000); Cavalcante (2009; 2012); Cavalcante e Brandão (2012); Da Fonte et al (2014); Kendon (2000, 2004); McNeill (1985, 1992).

Iverson e Goldin-Meadow (2005) e Rowe e Goldin-Meadow (2009) argumentam que a contribuição dos gestos na trajetória linguística possui uma relação direta entre a linguagem e a influência exercida da integração entre gesto e fala na aquisição da linguagem.

Ao descrever a sua imagem para a molécula da água, quando do 1º encontro, a aluna A1 usou as mãos para demonstrar o posicionamento dos átomos de oxigênio e hidrogênio na molécula, ao mesmo tempo em que descrevia sua imagem mental.

Os gestos frequentemente acompanham as falas descritivas de alunos videntes (MCNEILL, 1992). No entanto, alunos cegos congênitos não fazem gestos em todos os contextos que os videntes o fazem. Segundo McNeill (2000), os gestos que acompanham o fluxo da fala precisam desta para surgir, não são convencionais e relacionam-se às marcas individuais de cada falante. Nesse tipo de gesto, incluem os movimentos de braços, de mãos, de cabeça, de pernas, ou seja, todos os movimentos corporais que ocorrem concomitantemente com a fala (FONTE, 2011).

Ao explorar a natureza desta constatação, fica evidente a evolução no desempenho de A1 e A2 em cada um dos três experimentos aplicados, em relação ao crescimento na produção de gestos para acompanhar o discurso verbal, particular incidência sobre o tipo de informação transmitida em gesto contra discurso no terceiro experimento. A Figura 31, a seguir, mostra a descrição, na sequência, através dos gestos de A1, a disposição dos átomos de oxigênio e hidrogênio na molécula de água, representada a partir de sua imagem mental própria. A Figura 31a mostra a posição do oxigênio na molécula; a 31b, o gesto que A1 fez para representar o oxigênio e a 31c, o gesto que A1 fez para representar os hidrogênios em torno do oxigênio.

Figura 31 - Na sequência, a representação feita por A1 da disposição do átomo de oxigênio e dos átomos de hidrogênio na molécula da água.



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

A seguir, a Figura 32 mostra um trecho da entrevista de A1 ao descrever a molécula de água no início do 1º encontro, mostrando a relação entre o discurso e os gestos produzidos:

Figura 32 - Transcrição da fala de A1 para este momento

P: Então, tenta imaginar como eles estão ligados.

A1: [silêncio ...]

P: Tu consegues imaginar?

A1: Acho que sim.

P: Então descreve para mim.

A1: [silêncio...]

P: Tu consegues imaginar como eles estão ligados?

A1: Olha, eles poderiam estar ligados tipo o oxigênio poderia estar no centro e os hidrogênios um de cada lado. Um embaixo e o outro em cima.

P: Como é feita esta ligação?

A1: Pelos elétrons

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para Clement (2002), os gestos descritivos são expressões significativas e essenciais ou estratégias de raciocínio, e não apenas traduções de expressões. A

Figura 33, a seguir, mostra a representação, através de gestos, que A1 faz para demonstrar o movimento da molécula de água na sua imagem mental:

Figura 5 - A1 mostrando como é o movimento da molécula da água na sua imagem mental



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Durante a realização dos dois primeiros experimentos foi possível observar que o aluno A2 produzia poucos gestos durante a realização das tarefas. Este aluno não usou gestos significativos associados à descrição de suas representações ou que tivessem significado relacionado às suas imagens mentais. O único gesto significativo observado foi quando A1 mostrou o movimento que a molécula de oxigênio realiza na sua imagem mental, como já foi citado em 6.2.1, figuras 14 e 15.

Trabalhos anteriores sobre o uso de comunicação não verbal por cegos congênitos mostram uma considerável ausência de produção de gestos nesta população (CARROLL, 1961; MANLY, 1980; SASAKI, 1992), onde os gestos e maneirismos apresentados pelo aluno cego podem não ter a mesma significação para um aluno vidente.

Pesquisas sobre comunicação não verbal em cegos congênitos partem do pressuposto de que a competência comunicativa não se restringe às emissões verbais, mas também às expressões corporais, faciais e gestos dentre outras características (OLIVEIRA; MARQUES, 2004).

Telford e Sawrey (1984) caracterizaram a comunicação desses indivíduos como pobre, em função da ausência de tais características, sendo necessário melhorar as habilidades sociais dos cegos para que sua eficácia comunicativa seja maior (RAVER; DRASH, 1988). Para estes últimos, a competência comunicativa envolve componentes não verbais como os gestos.

De acordo com os trabalhos de Iverson et al (2000) e Iverson e Goldin-Meadow (1997, 2001), a produção dos gestos não depende da capacidade visual do sujeito, uma vez que os gestos estão presentes em cegos, acompanhando o percurso da fala,

o que reforça o fundamento de McNeill e Kendon de que gesto e fala formam um sistema unificado.

Assim, justifica-se que apesar de o aluno cego congênito não poder fazer uso de um modelo visual para adquirir gestos convencionais, o seu surgimento é viabilizado de maneira semelhante a videntes, isto é, em conjunto com descrições, falas e semelhanças (IVERSON et al (2000).

Para Cattaneo et al (2007), a representação mental equivale à percepção do objeto na sua ausência física, e esta relação, entre mecanismos de percepção e suas representações mentais, há muito tempo vem sendo debatida nas teorias de mediação cognitiva (FEUERSTEIN, 1991; SOUZA, 2004).

6.4 RELAÇÃO ENTRE GESTOS E *DRIVERS*

O aluno cego congênito, ao utilizar *drivers* específicos para que ocorra a comunicação entre os mecanismos externos que auxiliam no processamento da informação, através da representação de suas imagens mentais, permite que ocorra interação entre ambas e, assim, entende o funcionamento deste mecanismo externo a ponto de incluir e acrescentar à sua estrutura cognitiva as informações neles contidas.

Nessa perspectiva, foi possível a categorização dos gestos que A1 e A2 utilizaram para expressar suas construções mentais. Os gestos foram identificados para cada representação feita. Em virtude disso, existem gestos que se repetem para objetos diferentes.

Neste trabalho foram analisados os gestos que ocorreram em concomitância com a fala, a fim de conseguir uma melhor interpretação das representações que A1 e A2 utilizaram enquanto descreviam suas imagens mentais. A1 e A2 usam gestos como um complemento da linguagem verbal.

Os gestos que A1 utiliza para descrever sua representação mental da molécula de água permitem supor que mecanismos internos de mediação, representados por uma “máquina virtual” ou “seu cérebro”, que “espelha” ou “representa” o mecanismo externo, necessário para que um sistema de representações (sensorial ou simbólico) possam demonstrar os componentes da tarefa de processamento de informações (SOUZA, 2004).

Assim, pode-se fazer uma analogia entre o cérebro de A1 e um *driver*. O cérebro de A1 torna-se uma máquina virtual no momento em que consegue transpor sua imagem mental para a representação que faz, usando o modelo molecular alternativo. Esta representação é única, pertence a A1.

Para Souza (2004), a capacidade de estabelecer analogias entre a lógica e a representação mental com os estados e o funcionamento do mecanismo externo possibilitam uma interação controlada. Deste conceito surge a relação de *drivers* associados ao conceito de máquina virtual para representar o cérebro de um aluno cego congênito.

Deste modo, foi possível a categorização dos gestos que A1 utilizou para descrever suas representações mentais. Os gestos foram identificados para cada representação feita. Em virtude disso, existem gestos que se repetem para objetos diferentes.

A Figura 34 mostra os gestos que A1 produziu durante a descrição da sua imagem da molécula de água:

Figura 34 - Gestos descritivos de A1 para a molécula de água

AGUA	GESTO DESCRITIVO
Átomo de Oxigênio	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas as mãos, lado a lado, fechadas, em paralelo, apoiados na mesa a ponta dos dedos indicadores.
Átomo de Hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas as mãos fechadas, com os polegares para cima, com a mão direita colocada acima e a esquerda abaixo.
Centro da Molécula	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas as mãos fechadas e de frente uma para a outra.
Elétrons Compartilhados	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador da mão direita apoiado na massa de modelar para indicar elétrons.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para Ramos (2015), o uso de gestos para simular um modelo faz com que este aluno cego desenvolva *drivers* específicos para interagir com o conteúdo do fenômeno

químico, a ponto de compreender as informações que estão sendo mediadas pelo pesquisador, e isso permite a 'visão cega' (CATTANEO, 2011).

Estes *drivers* obtidos através da simulação por gestos podem ser associados à modelagem molecular, entretanto são diferentes dos *drivers* de visualização que, sem dúvida, melhoram esta habilidade.

A figura 35, a seguir, mostra o gesto que A1 faz para situar o oxigênio no centro da imagem mental construída. A ponta dos dedos mostra a ligação que sai do oxigênio para fora.

Figura 35 - Gestos de A1 para mostrar a posição do átomo de oxigênio na molécula de água



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

A figura 36, a seguir, mostra A1 representando os átomos de hidrogênios, com a mão fechada, como se estes átomos fossem maciços.

Figura 6 - Representando os dois hidrogênios para a água



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

E na figura 37, a seguir, A1 movimenta as mãos fechadas no sentido anti-horário para mostrar que os hidrogênios estão em torno do oxigênio e que estes átomos se movimentam o tempo todo. A imagem mental da água é dinâmica.

Figura 7 - Mostrando que os hidrogênios estão em torno do oxigênio



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Ao simular mentalmente a rotação da molécula da água, A1 consegue utilizar a capacidade de rotacionar mentalmente partes desta molécula. No entanto, esta capacidade de visualização, para um aluno cego, não é usada, pois este aluno não utiliza os níveis microscópicos e simbólicos para conseguir explicar os fenômenos macroscópicos.

Na verdade, o aluno cego precisa avançar do pensamento sensorial gerado por um *driver* psicofísico, onde o pensamento extra-sensorial é a percepção, para aqueles em que a forma de mediação é cultural, aqui representado pelos mecanismos externos, os artefatos utilizados em conjunto com o conhecimento tradicional (SOUZA,2004).

No primeiro experimento também foi solicitado que A1 imaginasse a molécula de gás oxigênio. Para A1, a representação do átomo de oxigênio tem a forma linear e pelos gestos que realizou estes não possuem relação.

Para categorizar um objeto, o aluno cego congênito depende da verbalização das semelhanças com outros objetos e da percepção tátil. Por isso se diz que a imagem mental de um aluno cego é única. A seguir, a Figura 38, mostra parte da entrevista de A1 para este momento:

Figura 38 - A1 descrevendo a molécula do gás oxigênio



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Platão já tinha utilizado o termo “ver” para designar o ato de olhar e, ao ressaltar a possibilidade lógica de “visão” nos cegos, tanto quanto esta é considerada como um processo imaginário, surge a possibilidade (ainda a ser verificada) de que os fenômenos de recrutamento cruzados ou estimulação cerebral podem também provocar alguma qualidade visual em cegos congênitos (CATTANEO,2011).

A Figura 39 a seguir traz parte da fala de A1 para este momento:

Figura 39: Trecho da entrevista com A1 quando descreve a molécula de gás oxigênio

A1: Então... vamos ver se dá. Como é um compartilhamento de elétrons, eu pensei em colocar um elétron de cada lado dos dois oxigênios... tipo assim (aponta para a massa de modelar que usa para representar o elétron). As laterais são os elétrons compartilhados... que seriam dois. Dois desse (aponta) e dois desse (aponta).

Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

A Figura 40, a seguir, mostra este momento para a molécula de gás oxigênio.

Figura 40: A1 descrevendo os átomos na molécula de gás oxigênio



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

A análise dos gestos aqui apresentados foi acompanhada da identificação das possíveis imagens mentais utilizadas durante a representação de A1 para as mesmas. Esta identificação é necessária para a verificação dos possíveis *drivers* que A1 utilizou em suas representações. Para isso, foram analisados os vídeos juntamente com as transcrições e os gestos realizados, para identificar as imagens mentais utilizadas.

A análise dos gestos colaborou significativamente para a identificação das imagens mentais, o que permitiu avaliar o *driver* que estava sendo utilizado e sua classificação, mencionada na fundamentação teórica.

O conjunto de procedimentos educacionais proposto aos alunos A1 e A2 era semelhante, como se pode verificar nos Apêndices C, D e E, e abordavam a representação de imagens mentais de determinadas moléculas usando para tal um modelo molecular alternativo e outro convencional do tipo *balls-and-sticks*. Durante cada etapa dos dois experimentos realizados, os alunos A1 e A2 foram questionados quanto à forma do átomo, ligações químicas e geometria molecular.

A análise para verificar a mudança de *drivers* foi feita usando os conceitos citados em conjunto, visto que os sujeitos pesquisados são cegos congênitos e não separam suas imagens mentais de gestos e falas para representá-las.

Buscou-se, assim, indícios de utilização de *driver* social, cultural e psicofísico associado à aquisição de conceitos, uma vez que as representações das imagens mentais destes alunos cegos levaram à construção de geometria molecular e à conceitualização.

Ormelezi (2000) afirma que para o aluno cego perceber, aprender e adquirir um conhecimento é necessário que exista um processo dinâmico e constante de elaboração e organização daquilo que é sentido, percebido e compreendido por este aluno.

6.5 O TERCEIRO EXPERIMENTO

O terceiro experimento foi realizado 1 ano após a realização dos dois primeiros experimentos e foi pensado, basicamente, para identificar a persistência ou não de *drivers* atomísticos e moleculares.

Este encontro foi realizado na ULBRA/Canoas, pois A1 e A2 terminaram o Ensino Médio em 2014 e A2 não está frequentando nenhuma instituição de ensino.

Trazemos como exemplo alguns trechos das entrevistas destes alunos, que permitem identificar, através dos questionamentos feitos, a natureza de uma representação específica, citada no subcapítulo 5.6.3.

6.5.1 Usando Modelo Atômico Convencional: 1ª etapa

Nesta 1ª etapa, foi lembrado com o aluno A2 os conceitos básicos de Química Orgânica e isomeria *CIS/TRANS*. Neste momento foi possível observar através da fala deste aluno, o pouco conhecimento que tinha sobre este conceito. A Figura 41, a seguir, traz o trecho da entrevista realizada com A2 que permitiu esta constatação.

Figura 41 - Trecho da entrevista de A2 do 3º experimento

P: Tu lembras dos conceitos vistos sobre isomeria?

A2: Não.

P: Isomeria é o fenômeno em que duas ou mais substâncias diferentes apresentam a mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas estruturais. Estas fórmulas estruturais podem ser observadas no plano ou no espaço, em 3D. Hoje, neste nosso encontro, vamos falar sobre aquelas que podem ser observadas no espaço para que tu consigas imaginar estas estruturas. Então, lembrando. Isomeria apresentam a mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas estruturais. Tu consegues lembrar?

A2: Não.

*P: Como nós temos os dois tipos de isomeria, a plana e a espacial que é também chamada de estereoisomeria, nós vamos ficar apenas com esta última. Vamos lembrar conceitos da Isomeria Geométrica ou também chamada de *CIS/TRANS*.*

A2: Esta eu não conheço.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Usando as minhas mãos, conforme a figura 11 do capítulo 5, tento demonstrar para A2 como ficam as posições *CIS* e *TRANS*. O centro das mãos seriam os átomos de carbono. O dedo polegar seria um ligante e os dedos anelar e mínimo dobrados seriam juntos outro ligante. Os dedos indicadores e médio representam a ligação dupla. Convido A2 a tocar minhas mãos para que possa sentir como estão sendo representadas as posições *CIS* e *TRANS*. A figura 42, a seguir, mostra este momento:

Figura 8 Usando as mãos para aprender isomeria CIS/TRANS



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

A seguir, a Figura 43 traz o trecho da entrevista em que A2 consegue relembrar conceitos sobre este conteúdo:

Figura 43: Trecho da entrevista em que A2 relembrando conceitos sobre Isomeria CIS/TRANS

P: Quando eu inverte e coloco um polegar para baixo o que acontece?
A2: Ficam opostos. Uma mão ficou virada para um lado e a outra para o outro. Uma fica de cabeça para baixo. Está oposto.
P: Tu lembras onde estão os polegares?
A2: Sim. Um está em cima e o outro embaixo.
P: Isto seria que posição?
A2: TRANS.
P: Tu serias capaz de, usando tuas mãos, fazer esta representação?
A2: Vou tentar. Aqui está. Em cima estão os dois polegares. Os dois que fazem a dupla ligação e ligam as duas partes, e abaixo os outros dois.
P: Tu conseguiste observar que na parte de cima tu tens os dois polegares e embaixo os dois dedos dobrados. Este seria que isômero?
A2: Este seria CIS.
P: E como seria a estrutura do isômero trans?
A2: Na estrutura TRANS os ligantes estão totalmente opostos.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Utilizando gestos, A2 também consegue observar que a ligação dupla não permite rotação. Isso fica evidente nos gestos apresentados na figura 44, a seguir:

Figura 44: A2 representando com as mãos as posições CIS/TRANS



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Após, foi solicitado a A2 que, usando a percepção tátil, descrevesse as estruturas do etano e do cloroetano, bem como suas diferenças e semelhanças. O Figura 45, a seguir, mostra a fala de A2 para este momento:

Figura 45: Trecho da entrevista de A2 usando a percepção tátil para verificar diferenças em estruturas orgânicas

P: Isso é isomeria espacial geométrica de compostos de cadeia aberta. E são chamados de isômeros CIS ou isômeros TRANS. Agora vamos trabalhar com estruturas que apresentam isomeria e com estruturas que não apresentam isomeria. Vamos trabalhar com modelos moleculares convencionais. Na tua frente tu tens a estrutura do etano. Tu consegues descrever diferenças nesta estrutura?

A2: Sim. Tenho bolinhas maiores e bolinhas menores. As duas do meio são maiores. E as das pontas são iguais.

P: E são maiores ou são menores?

A2: São menores.

P: Este composto é um hidrocarboneto alcano chamado de etano. Se fizermos uma analogia com a representação com as mãos, como estes carbonos estariam ligados?

A2: Só por um dedo.

P: Esta ligação é chamada de simples e as outras ligações dos dois carbonos também são simples. Então, o etano só tem ligações simples. Se tu pegar os carbonos ligados por ligações simples tu consegues girar, rotacionar, os mesmos. E tu consegues observar o que?

A2: Que tenho sempre três hidrogênios ligados nos carbonos. Então aquele que tu mostraste com as mãos seria uma ligação dupla.

P: Tu conseguiste ver uma diferença. Qual o tipo de ligação foi feito com as mãos?

A2: Dupla.

P: E para o etano, os ligantes são diferentes?

A2: Não. Quando giro tenho sempre a mesma coisa, não muda.

P: Não muda porque os ligantes são todos iguais.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Assim, A2 consegue observar a diferença entre ligação simples e dupla, ao lembrar, usando as mãos, do exemplo anterior,

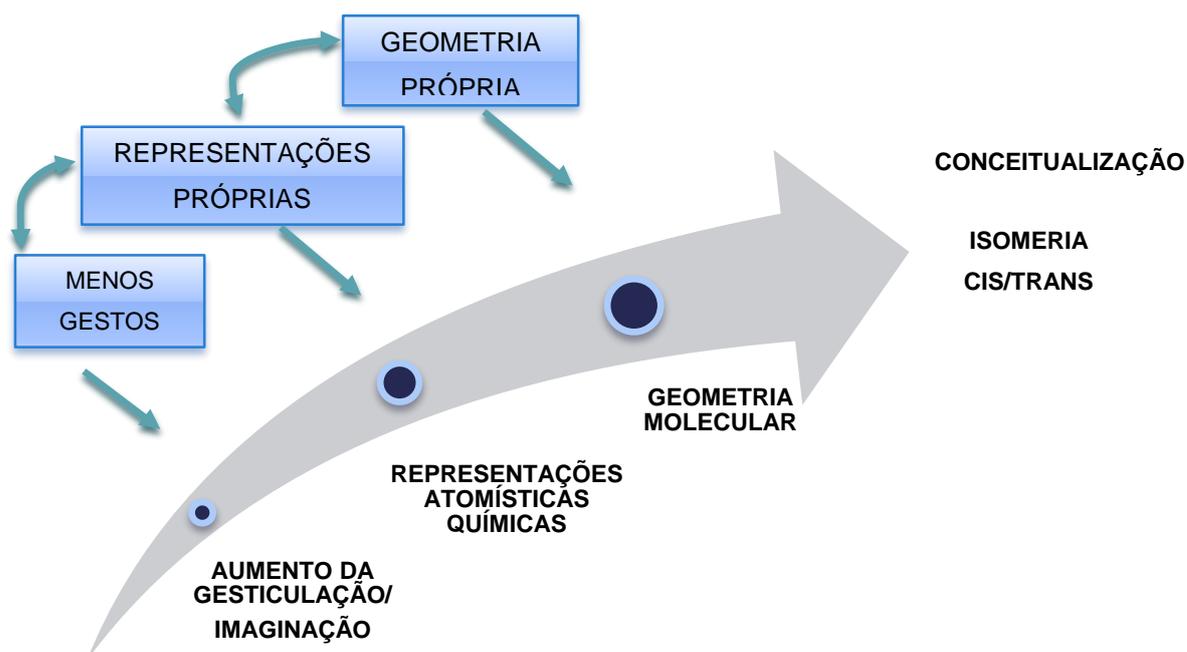
Após foi solicitado a estes alunos que fizessem o mesmo para as estruturas do 1,1 dicloroetano e 1,2 dicloroetano; do etileno e do 1,2 dicloroetileno (*CIS/TRANS*). Para tanto, foram apresentadas as estruturas já montadas com o uso do modelo atômico convencional do tipo *balls-and-sticks* (Apêndice E).

Durante a realização desta etapa, a pesquisadora participou novamente como mediadora, instigando ambos os alunos A1 e A2 a participarem ativamente na resolução da tarefa proposta.

7 RESULTADOS

A Figura 46, a seguir, representa o resultado principal da pesquisa e dois resultados auxiliares que dão suporte ao principal.

Figura 46: Organograma dos Resultados



Fonte: A autora (2015)

O resultado principal é o aprendizado de geometria molecular com a internalização de *drivers* e representações a respeito deste conceito, possibilitando uma melhor conceitualização do que é molécula no seu aspecto geométrico.

Após a utilização do modelo molecular pensado para a 1ª parte dos três experimentos do conjunto de atividades proposto nesta tese e do modelo molecular do tipo *balls-and-sticks*, já descritos no capítulo 5, e que fizeram parte da busca de indícios a respeito da internalização do conceito químico proposto para esta tese, percebe-se que os estudantes desenvolvem *drivers* representacionais distintos das suas geometrias próprias, individuais e diferentes entre si de estudante para estudante.

Depois da utilização dos modelos, principalmente do modelo táctil tipo *balls-and-sticks* e da interação com a pesquisadora, interação psicofísica social e cultural e sociocultural com a professora, A1 e A2 desenvolvem seus *drivers* de geometria molecular os quais serão evidenciados mais ao final deste capítulo.

No entanto, para que isso fosse possível, A1 e A2 deveriam, em primeiro lugar, ter uma aquisição de representações atomísticas utilizadas pela Química (que serão evidenciados ao longo deste capítulo), nas suas representações próprias, que variavam desde a representação para átomos, como sendo palitos, e ligações, como sendo bolas, bolhas ou esferas até aquelas que se assemelham mais às representações utilizadas pelos químicos.

Além deste resultado, há um resultado inicial, observado ao longo da realização dos três experimentos, que mostra um aumento na gesticulação destes estudantes cegos ao longo das descrições de suas representações e, também, um domínio maior do espaço a sua frente e da utilização deste espaço, por exemplo, do espaço da mesa para desenhar suas representações imagéticas.

7.1 ORGANIZAÇÃO DOS REGISTROS

Durante a aplicação dos três experimentos realizados, o estudante A1 produziu uma quantidade significativa de gestos em relação ao estudante A2 e demonstrou ter um bom conhecimento dos conteúdos abordados, por isso a opção por utilizar as observações feitas em relação a este aluno como referência para fins de comparação com o estudante A2.

A apresentação dos resultados foi estruturada tomando como base a relação entre o discurso, os gestos e as representações das imagens mentais que A1 e A2 fizeram durante a aplicação dos três experimentos, como resultado inicial.

No entanto, o resultado principal sobre a internalização do conceito sobre representações geométricas perpassa por este resultado inicial e vai sendo evidenciado ao longo deste capítulo.

Após a transcrição integral das entrevistas, todos os gestos descritivos dos estudantes A1 e A2, que se mostraram significativos e pertinentes em relação à fala destes alunos, foram considerados e comparados para ambos e suas representações imagéticas também foram concebidas como parte fundamental para a internalização de novas representações. A seguir são apresentados os resultados obtidos.

7.2 RESULTADO INICIAL: O GESTO E SUA RELAÇÃO COM AS REPRESENTAÇÕES IMAGÉTICAS

Segundo Souza (2004), a mediação cognitiva depende diretamente do suporte dos mecanismos internos, *drivers*, para que se tenha a capacidade de acessar corretamente os mecanismos externos. Nesta tese, os gestos são vistos como mecanismos internos ou *drivers*, dando suporte para que seja possível a ocorrência de uma mediação através dos mecanismos externos, os modelos. Assim, acredita-se que a mediação cognitiva ocorre como função necessária ao incremento do pensamento, relacionando os processos internos e externos.

O uso de modelos como mecanismo de mediação externo deve ser visto como um sistema físico, que funciona como um processador de informação. Já os gestos, vistos como um mecanismo interno, é definido neste estudo, e com o suporte da TMC (SOUZA, 2004), como uma simulação mental, os *drivers*, que o estudante cego congênito deve utilizar dos sistemas externos, para explicar suas representações próprias e as atomísticas.

7.2.1 Gestos

No primeiro experimento, quando foi solicitado que A1 imaginasse a molécula de água, a representação que este estudante fez para esta molécula foi plana. Para A1, a representação do átomo de oxigênio e hidrogênio foi relacionada ao material que foi colocado à sua disposição para este fim.

Para categorizar um objeto, o aluno cego congênito depende da verbalização das semelhanças com outros objetos e da percepção tátil que esse aluno possui. Por isso acredita-se que a imagem mental que A1 descreve e sua relação com a representação que fez é única.

A seguir, na Figura 47, encontra-se um trecho da entrevista com A1, em que este estudante descreve as ligações que ocorrem entre os átomos de oxigênio e hidrogênio na molécula de água, comparando a evolução do discurso e das representações para átomos e ligações para esta molécula após este aluno conhecer o modelo molecular do tipo *balls-and-sticks*.

Figura 47: Trechos das entrevistas de A1, no 1º e 2º experimento, descrevendo as ligações para a molécula de água

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: E como é feita esta ligação entre os átomos na molécula de água? Como é que tu consegues imaginar isso?</i></p> <p><i>A1: Acho que faria mais sentido se fossem pontinhos, porque o Hidrogênio compartilha...ele dá um elétron para o oxigênio.... Aí o oxigênio fica com oito elétrons.</i></p>	<p><i>P: Na tua imagem, como é a ligação entre o átomo de oxigênio e os hidrogênios para a molécula de água?</i></p> <p><i>A1: É uma linha cheia.</i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Esta mudança de representação foi observada na fala e na descrição que A1 fez para sua representação da molécula de água. A seguir, a Figura 48 mostra esta evolução:

Figura 48: A1 mostrando a ligação entre oxigênio e hidrogênio como pontinhos; e a ligação como linha cheia.



Fonte: Pesquisa, a autora (2015)

Outro dado importante observado diz respeito ao movimento da molécula da água para este estudante. Considerando que as imagens mentais podem ser criadas a partir de informações armazenadas na memória, mesmo que essas informações tenham sido obtidas por outros sentidos que não a visão, estas são consideradas flexíveis. Ao verbalizar que sua imagem agora apresenta movimento, com a molécula flutuando no espaço, A1 relaciona sua imagem à representação 3D.

A seguir, a Figura 49 traz trechos da entrevista com A1, quando da aplicação do 1º e 2º experimentos, em que esse estudante relaciona à sua fala o movimento de

sua imagem mental para a molécula da água, que antes era estática e no segundo experimento passa a ser dinâmica.

Figura 49: Trechos da entrevista com A1, em que fala sobre o movimento da molécula de água

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: Na tua imagem, a molécula de água está parada ou está se mexendo?</i></p> <p><i>A1: Se for água líquida ela está se mexendo. Quer dizer... eu acho que sim.</i></p> <p><i>P: Mas tu imaginaste a molécula de água, ok? Essa imagem estava parada ou estava se mexendo?</i></p> <p><i>A1: <u>Ela não estava se mexendo. Estava parada.</u></i></p>	<p><i>P: E essa molécula... ela está se mexendo na tua imagem ou está parada?</i></p> <p><i>A1: Ela está se mexendo... mas não necessariamente girando.</i></p> <p><i>P: Como é que ela se mexe?</i></p> <p><i>A1: <u>Às vezes ela está parada...às vezes está se mexendo...não sei explicar como. É como se ela estivesse flutuando.</u></i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A Figura 50, a seguir, mostra os gestos que A1 fez para estes dois momentos, evidenciando uma imagem mental estática e imagem mental dinâmica para a molécula de água:

Figura 50: A1 mostrando o movimento da molécula de água na sua imagem mental



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para Wolff (2015), isso está relacionado à percepção adquirida do meio externo. Quando A1 utiliza como imagem mental aquela associada ao modelo molecular convencional, esta é facilmente modificada e terá uma nova representação, agora associada às novas informações que passaram a fazer parte da estrutura cognitiva do aluno. Assim, uma imagem mental não pode ser considerada apenas uma

cópia da percepção visual de objetos externos, mas o resultado do processo interpretativo do aluno, onde o resultado depende também do seu conhecimento (WOLFF, 2015).

Ao comparar com os gestos que o estudante A2 realizou para estes momentos, foi possível observar que ele gesticula bem menos e suas representações são bem mais simples que as do estudante A1. Ao ser instigado a imaginar a molécula de água e depois descrevê-la, A2 verbaliza que não consegue.

Quando é colocado à sua disposição o modelo molecular alternativo (Apêndice D), A2 consegue representar e descrever sua imagem. Para este momento, a pesquisadora não assumiu o papel de mediadora, não participando em nenhum momento da construção da representação da imagem da água para A2.

No segundo encontro, A2 representa os átomos, porém as ligações entre eles não aparecem na representação que faz para a molécula da água.

A Figura 51 traz o trecho da entrevista em que A2 descreve suas representações para a molécula de água.

Figura 51: Trechos das entrevistas com A2 para este momento no 1º e 2º experimento

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: ... faz tua representação para a molécula de água e descreve para mim.</i></p> <p><i>A1: O oxigênio é este aqui (haste menor). A massinha de modelar são as ligações e aqui estão os hidrogênios (haste maior).</i></p>	<p><i>P: Consegues imaginar a molécula de água e representar para mim?</i></p> <p><i>A2: Sim. Este é o oxigênio (círculo de massa de modelar) e estes são os hidrogênios (haste menor).</i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A Figura 52, a seguir, traz as representações de A2 para a molécula de água. A primeira representação mostra que o formato dos átomos da molécula da água não apresenta semelhança com os conhecimentos que o aluno poderia trazer sobre este conteúdo.

Já no que diz respeito ao tipo de ligação que ocorre entre os átomos, este aluno parece não fazer relação entre a camada de valência e a repulsão entre os pares eletrônicos, não verbalizando sobre isso, mesmo após conhecer o modelo do tipo *balls-and-sticks*.

Figura 9 - Representações de A2 para a molécula de água



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

As duas representações feitas por A2 para este momento tiveram o formato 2D, sendo construídas sempre apoiadas sobre a mesa.

Em nenhum momento, para estas duas situações, A2 verbalizou ou realizou algum gesto que indicasse que a molécula estava em movimento, o que poderia sugerir que sua representação estava relacionada com uma imagem 3D.

O estudante A2 fez apenas um gesto durante esta tarefa para os dois experimentos, ao demonstrar o movimento da molécula de gás oxigênio girando no espaço, da esquerda para a direita. Para o estudante A2, este giro é da esquerda para a direita, em círculos, fazendo uma rotação.

A mediação psicofísica é considerada como instintiva, relacionada a estímulos do ambiente onde se encontra o sujeito, com várias formas de respostas associadas aos instintos humanos (WOLFF, 2015).

Para Souza (2004), este tipo de mediação é relacionado, essencialmente, pelas características fisiológicas do sistema nervoso central, da física e da química dos objetos com os quais se relaciona, da posição espacial de ambos e da natureza do ambiente.

Assim, o uso de modelos atômicos, do tipo *balls-and-sticks*, permitiu um discreto aumento de gestos em ambos estudantes, gerando novas imagens mentais.

Os estudantes A1 e A2, quando da aplicação do primeiro experimento, apresentavam *drivers* próprios de natureza psicofísica e, após este, passam a apresentar um aumento de gesticulação e maior segurança no uso do espaço para descrever suas imagens mentais, mostrando que passam a usar *drivers* de natureza cultural.

Para Vygotsky (1989), a noção de mediação, aqui representada pelo papel da pesquisadora e pela natureza psicofísica da relação entre o estudante e o uso de modelos, onde os mecanismos internos de mediação constituíam-se basicamente de esquemas sensório-motores, permitiu que A1 e A2 apresentassem certa evolução em suas representações e gestos e passassem a usar mecanismos internos de natureza sociocultural. Para este teórico, mudanças de ordem qualitativa ocorrem através da evolução de mecanismos externos mais elementares para outros mais complexos, caracterizados aqui pela relação psicofísico-sócio-cultural.

7.3 REPRESENTAÇÕES PRÓPRIAS E ATÔMISTICAS

No conjunto de atividades aqui proposto e descrito em 5.6.1, uma das substâncias que foram trabalhadas com A1 e A2 foi o gás oxigênio (O_2).

As comparações em relação à geometria molecular, que A1 e A2 apresentaram para esta substância, serão discutidas a seguir sem prejuízo para as outras representações que realizaram.

7.3.1 Imagens mentais e suas representações para o aluno A1

No primeiro experimento, foi solicitado que A1 imaginasse a molécula para o gás oxigênio (O_2) e fizesse sua representação usando o material que estava à sua disposição (Apêndice D). Para o estudante A1, no primeiro momento, é mais fácil imaginar e representar ao mesmo tempo. Após conhecer o modelo convencional do tipo *balls-and-sticks*, esta condição deixa de ser necessária. A Figura 53, a seguir, traz o trecho da entrevista para este momento, nos experimentos 1 e 2:

Figura 53 - Trecho da entrevista em que A1 descreve a molécula de gás oxigênio

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: Imagina a molécula de gás oxigênio e descreve ela para mim?</i></p> <p><i>A1: Posso montar e ir descrevendo?</i></p> <p><i>P: Sim.</i></p> <p><i>A1: Como é um compartilhamento de elétrons, pensei em colocar um elétron</i></p>	<p><i>P: Agora que tu conhecestes o modelo moléculas do tipo bolas e paus, eu gostaria que tu imaginasses a molécula de oxigênio novamente e a descrevesse para mim.</i></p> <p><i>A1: Posso fazer diferente?</i></p> <p><i>P: Sim, a imagem é tua.</i></p>

<p><i>de cada lado dos dois oxigênios... tipo assim (representa a ligação com a massa de modelar).</i></p> <p><i>P: Onde estão os oxigênios na tua representação?</i></p> <p><i>A1: Um está em cima e o outro está em baixo (aponta para as hastes maiores).</i></p> <p><i>P: E o que são as laterais nesta tua representação?</i></p> <p><i>A1: As laterais são os elétrons compartilhados... que seriam dois. Dois desse (aponta para uma haste) e dois desse (aponta para a outra haste).</i></p>	<p><i>A1: Vou primeiro fazer e depois descrevo.</i></p> <p><i>A1: A bola de massa de modelar é o oxigênio, a de baixo é o outro e no meio estão os elétrons.</i></p>
--	--

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A Figura 54 traz a descrição da imagem da molécula de gás oxigênio, onde as hastes flexíveis representam os oxigênios e a massa de modelar os elétrons.

Figura 10 Na sequência, A1 aponta para o que seria a ligação entre os oxigênios no 1º experimento



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Na figura 55, a seguir, está a representação que A1 fez para a molécula de gás oxigênio, após conhecer o modelo molecular do tipo *balls-and-sticks*, onde os oxigênios passaram a ser representados como bolas e as ligações entre eles como linhas e que A1 chama de elétrons.

Figura 55: Representação de A1 da molécula de gás oxigênio no 2º experimento



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Ainda em relação à imagem mental e à representação que A1 fez para o gás oxigênio, quando foi questionado sobre como ocorre a ligação entre os átomos de oxigênio, este descreve, escrevendo com os dedos na mesa, a imagem que criou para esta substância.

A Figura 56 traz o trecho da entrevista em que A1 descreve, usando os dedos para desenhar na mesa, o átomo de oxigênio como se fosse uma reta de cima para baixo, e as ligações entre eles como se fossem traços que fazem uma curva que representa, para ele, os elétrons compartilhados entre os átomos de oxigênio.

Figura 56: Trecho da entrevista em que A1 descreve a ligação entre os oxigênios

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: Essas ligações que tu imaginaste. Como tu podes descrevê-las?</i></p> <p><i>A1: Imaginei o oxigênio...um aqui...um em cima do outro. E, como se fossem tracinhos, ligando os dois.</i></p> <p><i>A1: Os dois oxigênios um em cima e outro em baixo. E os elétrons saindo por trás do de baixo para cima (<u>representa uma curva</u>). E o outro por trás, a mesma coisa. Como eu fiz aqui (<u>levanta a sua representação</u>). Como eu fiz aqui (<u>mostra a representação</u>), só que aqui eu fiz reto.</i></p> <p><i>P: Tu consegues imaginar isso no espaço?</i></p> <p><i>A1: Sim.</i></p>	<p><i>P: Como tu podes descrever agora a tua representação para a molécula de gás oxigênio?</i></p> <p><i>A1: as ligações estão entre eles (são as hastes, linhas).</i></p> <p><i>P: e os átomos de oxigênio?</i></p> <p><i>A1: agora eu representei como bolas.</i></p>

P: E na tua imagem, está parado? Ou está se movimentando?

A1: Eu acho que está parado... pelo menos na minha imagem.

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A figura 57, a seguir, mostra a sequência da descrição que A1 fez para sua imagem da molécula de gás oxigênio, no 1º experimento, desenhando com os dedos, na mesa, como estão ligados os átomos de oxigênio.

Figura 57 - Descrição da imagem de gás oxigênio de A1



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Ao compararmos as duas representações foi possível observar que o estudante A1 ao manipular os modelos, alternativo e convencional, e analisar a geometria da molécula através do tato, possibilitou que este conceito fosse internalizado, o que ficou evidente quando A1 fez uma nova representação para a molécula do gás oxigênio. Ao contrário da primeira representação em que o estudante A1 primeiro realizou uma operação interna para compreender a estrutura da molécula e assim representá-la, mostrando dificuldade em imaginar e representar separadamente.

Para Ormelezi (2006), a estimulação do aluno cego fica prejudicada se não existe o reconhecimento de suas potencialidades, onde a impossibilidade do ver confunde-se com a impossibilidade do aprender, do comunicar-se, do entrar para a cultura e tornar-se sujeito”.

7.3.2 Imagens mentais e suas representações para o aluno A2

Também foi solicitado que A2 imaginasse a molécula para o gás oxigênio (O_2) e fizesse sua representação usando o material que estava à sua disposição (Apêndice

D). Este estudante achou melhor primeiro representar e depois descrever sua imagem. A representação que fez para esta substância no primeiro experimento é única, onde os átomos e as ligações não podem ser comparados a nenhum modelo molecular convencional atual.

Já para o segundo experimento, a primeira representação que A2 fez estava errada, tendo feito apenas uma ligação entre os átomos de oxigênio. A2 se mostra confuso em como resolver este problema. Após a intervenção da pesquisadora, quando são lembrados os conceitos relacionados à camada de valência e à repulsão entre os pares eletrônicos, consegue fazer uma representação para este composto. A Figura 58, a seguir, traz o trecho das entrevistas para este momento, nos experimentos 1 e 2 para o aluno A2:

Figura 58: Trecho da entrevista com A2, no 1º e 2º experimento, durante a descrição da molécula de gás oxigênio

1º Experimento	2º Experimento
<p><i>P: Como tu imaginas a molécula do gás oxigênio?</i></p> <p><i>A2: Na verdade, o oxigênio são estes dois palitos sendo ligados por estas duas massinhas. Elas fazem uma ligação.</i></p> <p><i>P: Gostaria que tu descrevesse a tua imagem. A que tu usaste para fazer esta representação.</i></p> <p><i>A2: São duas esferas ligadas por um determinado fator que faz com que elas se encontrem e fiquem girando em torno, um oxigênio passando pelo outro.</i></p> <p><i>P: E na tua imagem a molécula de gás oxigênio está se movimentando ou está parada?</i></p> <p><i>A2: Está se movendo, em círculo, da esquerda para a direita.</i></p>	<p><i>P: Gostaria que tu imaginasses depois representasse a molécula do gás oxigênio.</i></p> <p><i>A2: Aqui está. (Representa, colocando apenas uma ligação para o oxigênio).</i></p> <p><i>P: Tu lembra quantos elétrons o oxigênio tem na sua última camada?</i></p> <p><i>A2: Seis.</i></p> <p><i>P: E esta ligação que tu representaste tem quanto elétrons?</i></p> <p><i>A2: Um.</i></p> <p><i>P: Então cada um agora tem sete. Como podem ficar com oito?</i></p> <p><i>A2: Mais uma ligação.</i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A evolução das representações deste aluno para a molécula do gás oxigênio pode ser relacionada ao fato de que A2 nunca havia trabalhado com modelos moleculares. Quando do 1º experimento, sua representação não era fiel à descrição de sua imagem. O fato de o aluno cego buscar analogias de descrições de videntes pode ter ocasionado este resultado. Nos dois momentos, a pesquisadora permaneceu somente como expectadora, tendo interferido apenas quando A2 não soube fazer corretamente as ligações entre os átomos de oxigênio durante o segundo experimento.

A Figura 59 mostra as representações para a molécula de gás oxigênio, quando da aplicação do 1º experimento, onde sua representação para esta molécula era própria, e a evolução de sua representação após ter contato com o modelo molecular do tipo *ball-and-stick*.

Figura 11 - Na sequência, as representações da molécula do gás oxigênio, para A2, no 1º e 2º encontros



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para o segundo experimento, A2 evoluiu na forma de representar seus átomos, que passaram de representações disformes para círculos, para o átomo de oxigênio.

A interação entre a pesquisadora e A1 e A2 permitiu ampliar o alcance perceptivo destes estudantes. Conforme Souza (2004), ao compartilhar informações, a fala da pesquisadora serve de mecanismo externo de mediação, gerando *drivers* que contribuirão para o crescimento cognitivo dos estudantes A1 e A2, evidenciado pela evolução de suas representações imagéticas, *drivers* estes particulares e individuais à estrutura cognitiva de cada um.

Para Ormelezi (2000), a imagem, na imitação de um modelo ausente, é um símbolo que apresenta significado gerado pela atividade perceptiva. A necessidade de representar a estrutura de uma molécula, na ausência de um modelo que permita

estabelecer relação entre conceitos significativos, fundamenta o uso de geometria próprias das representações imagéticas destes alunos, quando da aplicação do primeiro experimento. A evolução de suas representações próprias para representações atomísticas, por exemplo, quando o aluno A2 faz o gesto com a mão para representar o átomo de oxigênio como se fosse um ovo; ou o gesto que A1 faz com as mãos fechadas, posicionadas frente-a-frente, para representar os dois átomos de oxigênio na molécula de O_2 , mostram que ocorreu internalização de conceitos.

Em Oliveira (1995), Vygotsky enfatiza que a capacidade humana de lembrar, estabelecer comparações e associar mostra um processo de representação e internalização dos conceitos, apesar de ser de ordem cultural, não é passiva.

7.4 A GEOMETRIA MOLECULAR E SUAS REPRESENTAÇÕES

A manipulação de modelos moleculares físicos contribui para a melhor compreensão da estrutura tridimensional das moléculas, levando à facilidade de compreensão de outras propriedades da geometria molecular (WU et al, 2001). A manipulação destes modelos por estudantes cegos congênitos pode levar à consolidação de imagens mentais, caracterizando a retenção de conceitos e a existência de conhecimentos implícitos decorrentes da manipulação de modelos tridimensionais (WU et al, 2001), possibilitando a estes estudantes um amadurecimento de suas representações imagéticas.

7.4.1 A geometria molecular nas representações de A1 e A2 para o metano

No 1º experimento foi solicitado a ambos os estudantes que imaginassem a molécula do metano. Como A1 e A2, à época da aplicação do conjunto de atividades 1 e 2, estavam no terceiro ano do Ensino Médio, ambos tinham certo conhecimento sobre a estrutura de compostos orgânicos. A Figura 60, abaixo, traz trechos das entrevistas com A1 para este momento:

Figura 60: Trecho da entrevista com A1 sobre a molécula do metano

Estudante A1	
1º experimento	2º experimento
<i>P: Imagina como estão ligados os átomos de carbono e hidrogênio na</i>	

<p><i>molécula de metano e depois representa esta tua imagem.</i></p> <p><i>A1: O carbono está aqui no meio <u>(haste maior)</u> e os hidrogênios são as hastes menores.</i></p> <p><i>P: E as ligações?</i></p> <p><i>A1: São os elétrons <u>(aponta para a massa de modelar)</u>.</i></p> <p><i>P: Qual a forma dos átomos na tua imagem?</i></p> <p><i>A1: Na primeira imagem o carbono, tinha a forma de um quadrado e de cada ponta desse quadrado saia um elétron como se fosse um risco, que é a ligação e na ponta deste risco tem uma bolha menor. <u>(Desenha na mesa um círculo para representar o carbono)</u>.</i></p> <p><i>P: Esta ligação, este risco, seriam pontinhos ou contínuo?</i></p> <p><i>A1: Seria contínuo.</i></p> <p><i>P: E está em movimento?</i></p> <p><i>A1: Está no ar, mas parado.</i></p>	<p><i>P: Como tu imaginas agora a molécula de metano? Tu podes representar e descrevê-la para mim?</i></p> <p><i>A1: Aqui está. O C no centro <u>(aponta com o dedo)</u>, as quatro ligações e os hidrogênios.</i></p> <p><i>P: Como tu imaginas que são os átomos e as ligações nessa molécula?</i></p> <p><i>A1: O carbono é uma bolha e os hidrogênios são bolhas menores. Todas cheias de gás.</i></p> <p><i>P: Como são as ligações?</i></p> <p><i>A1: São retas, linhas cheias.</i></p> <p><i>P: Apresenta movimento?</i></p> <p><i>A1: Na verdade não está se mexendo. Está flutuando.</i></p>
--	---

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Isso fica mais evidente ao observar as representações de A1 nos dois experimentos. Na Figura 61 estão as representações de A1 para o metano:

Figura 12 Representações de A1 para a molécula de metano, no 1º e 2º experimento



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Já o estudante A2, ao ser solicitado que representasse a molécula de metano, no 1º experimento, apresentou certa dificuldade. Sua representação foi feita no plano, em 2D. Já para o segundo momento, sua representação apresenta certa semelhança com a do modelo convencional, apresentando diferenças significativas. A Figura 62, a seguir, traz o trecho das entrevistas para estes dois experimentos.

Figura 62: Trecho da entrevista com A2 sobre a representação da molécula de metano

1º experimento	2º experimento
<p><i>P: Como tu imaginas que ocorre a ligação entre o carbono e os hidrogênios na molécula de metano?</i></p> <p><i>A2: Eu imagino o carbono como uma esfera, um círculo e dentro deste círculo estão os hidrogênios (desenha na mesa esta sua imagem).</i></p> <p><i>P: Tu consegues representar esta imagem?</i></p> <p><i>A2: Sim. Aqui eu tenho o carbono, como se fosse um ovo e os hidrogênios no meio, no centro, como se estivessem ligados. Eu imagino os hidrogênios como se fossem linhas finas e pontilhadas.</i></p> <p><i>P: Na tua imagem essa molécula se movimenta?</i></p> <p><i>A2: Apresenta agitação, está se mexendo dentro dela. Os hidrogênios estão se mexendo dentro dela. Dentro da esfera.</i></p>	<p><i>P: Na tua imagem onde está o carbono?</i></p> <p><i>A2: No centro.</i></p> <p><i>P: E os hidrogênios, onde estão?</i></p> <p><i>A2: Três deles estão para o lado e um está acima desta esfera maciça.</i></p> <p><i>P: Representa esta imagem e descreve.</i></p> <p><i>A2: Aqui temos o carbono que é o átomo central, as ligações e os hidrogênios nas pontas.</i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A 1ª representação que A2 fez para o metano não apresentava nenhuma geometria. Após a manipulação do modelo tipo *balls-and-sticks*, sua representação evoluiu e passa a apresentar formato e tamanho diferentes para os átomos e ângulos entre as ligações. A Figura 63, a seguir, mostra as representações de A2 para a molécula do metano, nos experimentos 1 e 2:

Figura 13 - Representações de A2 para o metano



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Neste momento também, A2 consegue dar forma para o átomo de carbono, representando com as mãos o formato deste átomo, como se fosse um ovo, uma bola. A Figura 64, a seguir, mostra esta representação de A2:

Figura 14 - Gesto que A2 faz para representar a átomo de carbono, como se fosse um ovo



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

À medida que a complexidade dos compostos apresentados aos estudantes A1 e A2 cresceu, estes verbalizaram que estava ficando mais difícil, como se pode apreender pelas palavras de A2, quando foi solicitado que imaginasse a molécula de metano: “ (...) agora ficou mais difícil, tem mais átomos (...)”.

Ambos os estudantes evoluíram suas representações, ao representarem estruturas com geometria molecular. Entretanto, nenhum dos estudantes fez referência em relação a ângulos, presença ou ausência de polaridade, apesar de terem sido instruídos sobre este conteúdo quando tiveram contato com o modelo molecular convencional. No entanto, ambos conseguiram identificar o carbono como o átomo central da molécula, representado de forma esférica e maior que os hidrogênios.

Para Souza (2004), os *drivers* são estabelecidos pelos estudantes no processo de aquisição de conhecimento. Eles podem ser estabelecidos a partir de um ou mais *drivers* de distintas naturezas: de natureza psicofísica, utilizando seus conhecimentos do ambiente; de natureza social, adquiridos no convívio social, aqui representado pela interação estudante/pesquisadora; cultural, adquiridos a partir do acesso a livros e outras mídias que trazem conhecimentos e cultura da área, aqui representados pelos modelos moleculares. Esta habilidade, a de construção de *drivers* e de múltiplas representações mentais de um mesmo objeto ou fenômeno, aqui representado pela geometria molecular, segundo este autor, seria um claro sinal do desenvolvimento de uma competência (SOUZA,2013).

7.5 O RESULTADO PRINCIPAL: A INTERNALIZAÇÃO DE DRIVERS E REPRESENTAÇÕES SOBRE GEOMETRIA MOLECULAR

Um ano após a realização do conjunto de atividades 1 e 2, contatou-se com os estudantes A1 e A2, para aplicação do terceiro conjunto de atividades. As entrevistas realizadas seguiram os mesmos moldes das entrevistas anteriores, distinta apenas sobre o conteúdo abordado, que passou a ser *Isomeria Geométrica CIS/TRANS* em compostos orgânicos de cadeia aberta.

Como primeira constatação, observou-se que os estudantes não tiveram este tema abordado quando estavam cursando o 3º ano do Ensino Médio. A estudante A1 lembrava apenas de conceitos iniciais sobre isomeria e A2 não tinha conhecimento sobre este conteúdo.

Assim, passa-se a discutir alguns pontos destas entrevistas, buscando pontos a relacionar com as entrevistas anteriores.

7.5.1 Geometria Molecular nas Representações de A1 e A2

Observou-se que, de maneira geral, os estudantes A1 e A2, ao responderem aos questionamentos sobre isômeros CIS/TRANS, na terceira entrevista, estiveram mais propensos a utilizar *drivers* com características *psicofísicas culturais e sociais*, mantendo a mesma resposta obtida no 2º experimento, ou até respondendo de forma semelhante à 2ª entrevista. A Figura 65, a seguir, mostra trechos da entrevista com os estudantes, que evidenciam esta constatação:

Figura 65 - Trechos da entrevista com A1 e A2 no 3º experimento

3º EXPERIMENTO	
A1	A2
<p><i>P: Antes, quando tu não conhecias os modelos, como tu imaginava uma molécula?</i></p> <p><i>A1: Eu fazia a associação da molécula com o átomo. Eu imaginava não como uma forma física o átomo, que eu não conheço. Eu imaginava como se fosse uma bolha <u>(desenha no ar um círculo)</u>.</i></p> <p><i>P: E as ligações?</i></p> <p><i>A1: As ligações tipo estas hastes aqui. <u>(Mostra o modelo)</u>. Só que são diferentes.</i></p> <p><i>P: Tu podes usar as tuas mãos para descrever a tua imagem.</i></p>	<p><i>P: Se tu não tivesses os modelos, como tu imaginarias uma molécula?</i></p> <p><i>A2: Na verdade eu sempre pensei como uma bola.</i></p> <p><i>P: E um átomo? Como tu imaginas um átomo, já que a molécula, para ti, é uma bola?</i></p> <p><i>A2: Esse é difícil.</i></p> <p><i>P: E uma ligação, já que nós estamos falando em molécula, átomo e ligação.</i></p> <p><i>A2: Na verdade, tem um traço que liga as duas coisas nas pontas.</i></p> <p><i>P: Os traços seriam o que?</i></p> <p><i>A2: Os traços seriam as ligações.</i></p> <p><i>P: Tu podes usar as tuas mãos para descrever a tua imagem.</i></p>

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A Figura 66, a seguir, mostra as representações de A1 e A2 para este momento

Figura 66: representações de A1 e A2 para o átomo de carbono, usando gestos



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Ao serem solicitados que imaginassem a molécula do 1,2-dicloroetileno e depois fizessem a representação deste composto, apenas o estudante A2 conseguiu fazer esta representação, mostrando geometria molecular mais próxima da adequada. Já o estudante A1, preferiu desenhar na mesa, não ficando evidente que sua

representação apresentava geometria molecular. A figura 67, a seguir, mostra as representações de A1 para este momento do 3º experimento:

Figura 67: Representações de A2, do Trans1,2dicloroetileno, usando as mãos



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Porém, ao serem solicitados que usassem o modelo molecular alternativo para fazer suas representações, A1 e A2 tentaram representar suas imagens mentais com uma estrutura semelhante àquela que conheceram ao manipular o modelo convencional. Suas representações para as moléculas do 1,2-dicloroetileno e do etano passam a apresentar geometria mesmo que estas ainda não estejam idênticas às convencionais. Foi usado o etano para demonstrar a ligação simples entre os carbonos.

A Figura 68, a seguir, traz a fala dos alunos para este momento. A resistência em usar este modelo pode estar relacionada ao fato de que ambos os alunos acharam mais fácil usar as mãos para fazer suas representações.

Figura 68: Trecho das entrevistas de A1 e A2 na representação do 1,2dicloroetileno

3º EXPERIMENTO	
A1	A2
P: Tu consegues imaginar a molécula do 1,2-dicloroetileno? A imagem no plano ou no espaço?	P: Gostaria que tu imaginasses as estruturas que trabalhamos até agora, as do 1,2-dicloroetileno CIS e TRANS.
A1: No espaço. Imagino de todos os lados.	A2: [silêncio].
P: E ela se movimentava?	P: Tu lembrava qual a condição para que ocorra isomeria CIS/TRANS?
A1: Não.	A2: Os carbonos têm que estar ligados por dupla ligação.

<p><i>P: Tu consegues montar, usando o material que está na tua frente, a molécula que tu construístes mentalmente?</i></p> <p><i>A1: Sim (faz sua representação).</i></p> <p><i>P: Este para ti é o 1,2-dicloroetileno?</i></p> <p><i>A1: Sim, mas é o que não é TRANS. É o CIS.</i></p>	<p><i>P: Tu consegues montar esta estrutura usando a massinha de modelar?</i></p> <p><i>A2: Aqui estão os dois carbonos, a ligação dupla, então temos isomeria e não conseguimos rotacionar. Agora usando uma linha imaginária, acima desta linha temos um cloro e um hidrogênio e abaixo desta linha também temos um cloro e um hidrogênio. Aí temos a estrutura TRANS. Se mudamos a posição de um deles teremos o CIS.</i></p>
---	--

Fonte: Entrevista, a autora (2015)

A Figura 69 mostra as representações de A1 e A2 para o CIS 1,2-dicloroetileno:

Figura 69 - Representações de A1 e A2 para o isômero CIS1,2-dicloroetileno



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

No entanto, ao ser solicitado que A2 representasse a molécula de etano, para comparar com a estrutura do 1,2-dicloroetileno, este fez sua representação usando geometria entre os ângulos, mostrando evolução nas suas representações. A figura 70, a seguir, mostra sua representação para o etano e sua geometria.

Figura70 - Representação do Etano para A2



Fonte: Entrevista, a autora (2015)

Para a aluna A1, foi solicitado que fizesse a representação do 2-buteno. Esta preferiu desenhar na mesa, mas conseguiu mostrar geometria na sua representação.

Ao comparar estes resultados com os obtidos no 1º experimento, onde os estudantes representavam suas imagens mentais com uma geometria própria, e os do 2º experimento onde os estudantes já tinham suas representações espaciais mais próximas daquelas utilizadas pelos químicos, o uso de gestos e modelos para representar isômeros CIS/TRANS indica que os estudantes conseguem representar geometria molecular, mesmo que a geometria representada no 3º experimento ainda não seja a ideal.

A aquisição de representações e *drivers* atomísticos, representados pela evolução dos gestos para representar átomos, moléculas e ligações moleculares com o uso das mãos e dedos para demonstrar geometria molecular sugere que estes estudantes aprenderam os conceitos de isomeria CIS/TRANS, onde a aquisição de *driver* social e cultural é própria de A1 e A2.

A maioria das aulas regulares em que estão presentes alunos cegos congênitos mostra o professor falando e o uso de modelos é raramente utilizado. O uso desta estratégia permitiria que os alunos cegos e também os videntes pudessem fazer suas representações imagéticas, e o foco não ficaria apenas na descrição verbal/social, portanto os *drivers* são próprios, visto que a linguagem verbal é incapaz de descrever todos os detalhes de um fenômeno.

No momento em que os modelos moleculares, material considerado psicofísico cultural com suporte social, são apresentados a estes estudantes, em particular os cegos congênitos, estes conseguem representar suas imagens mentais, o que sugere a conceitualização e a construção de representações acompanhadas de geometria molecular.

Mas o foco, nesta pesquisa, estava no aprendizado de geometria molecular com a internalização de *drivers* e representações deste conceito, possibilitando uma melhor conceitualização do que é molécula no aspecto geométrico por alunos cegos congênitos através da análise de suas imagens mentais e suas representações. Após o uso de modelos pelos estudantes A1 e A2, percebeu-se que estes estudantes desenvolveram *drivers* representacionais que são distintos da geometria para cada um deles e, depois do uso do modelo tátil de interação psicofísica social e sociocultural com a pesquisadora, onde mãos e dedos fizeram o papel de átomos e

moléculas, os estudantes desenvolveram seus *drivers* de geometria molecular. Suas representações, quando da aplicação do 3º experimento, se assemelham mais àquelas usadas pelos químicos para representar a geometria das moléculas.

Foi possível observar, também, como primeiro resultado, um aumento na gesticulação por estes estudantes, o que sugere que eles passaram a usar mais gestos para descrever e representar suas imagens mentais e demonstrando maior utilização do espaço a sua frente, no momento que utilizam a mesa para desenhar com os dedos suas imagens, fazendo que o uso do espaço seja mais independente.

Junto com o aumento da gesticulação, as representações das moléculas destes estudantes, ao se tornarem semelhantes àquelas representadas com o uso de modelos, passaram a apresentar geometria, evidenciada no 2º experimento e confirmada no 3º experimento, ao adquirirem o conceito de isomeria CIS/TRANS, o que leva à conexão com a geometria molecular.

A utilização de modelos moleculares possibilita um substancial ganho cognitivo pelos estudantes, por meio da aquisição de representações e o desenvolvimento de *drivers* que foram gerados em um processo sócio-histórico-cultural pelo desenvolvimento da Química, com o passar dos séculos, até chegar na forma atual das representações, e auxiliam cognitivamente o estudante para que tenha uma boa percepção do que é geometria molecular, inclusive por estudantes cegos congênitos.

A pesquisa mostrou, com a revisão da literatura, que estes modelos estão sendo muito pouco explorados no processo educacional de alunos cegos. Uma maior utilização destes modelos pelos professores, como estratégia de aprendizado e não apenas como mera manipulação, em salas de aulas com características inclusivas ou não, poderá vir a auxiliar no ensino e aprendizado de química, visto que visto que esta estratégia contempla também estudantes videntes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados obtidos nos três experimentos nos permite tecer algumas considerações que serão organizadas por ordem de importância: a primeira diz respeito ao resultado principal desta tese sobre o que é molécula no seu aspecto geométrico e suas representações por alunos cegos. A segunda, considerada por nós como um resultado secundário, mas não menos importante, relaciona o aumento da gesticulação e a evolução das representações moleculares e atomísticas destes estudantes com o uso de modelos.

Em relação a geometria molecular, trazemos um resultado de pesquisa importante: podemos dizer que o uso/manipulação de modelos moleculares propiciou aos estudantes cegos adquirirem uma representação mais acurada da geometria molecular e da ligação entre os átomos.

Este resultado permitiu a 'visualização' das estruturas moleculares por estes alunos cegos congênitos que, com o uso de outros sentidos que não a visão, conseguiram preencher lacunas imagísticas. Isso cria possibilidades que o estudante tenha 'simulações mentais' da geometria das moléculas e consiga, com o uso de modelos moleculares, representar a geometria molecular.

É importante lembrar que os modelos químicos atuais, apesar de serem uma representação de um universo invisível, são o fruto de uma evolução que ocorreu durante décadas dentro da química, e a correta apropriação destes modelos pelos químicos auxiliou cognitivamente os mesmos para que pudessem raciocinar a estereoquímica e até mesmo compreender a teoria da ligação de valência. Para o aluno cego congênito a correta apropriação da geometria molecular servirá para auxiliar cognitivamente estes estudantes a compreenderem de forma equivalente a alunos videntes, os mesmos conceitos.

Além disso, foi possível observar que estes estudantes aqui representados por A1 e A2, reconhecem cognitivamente que o uso de modelos é uma estratégia para a investigação de fenômenos químicos desconhecidos por eles até então, ao relatarem que sua utilização torna a aprendizagem de Química muito mais fácil.

Ao serem inseridos em classes regulares, este fato pode ser ampliado para alunos videntes também, que muitas vezes tem pouco contato com estes modelos e não tem a devida oportunidade de manipular os modelos moleculares de forma a internalizá-los. Isto auxiliara na consolidação de habilidades visuoespaciais, aqui em

analogia com representações imagéticas dos estudantes cegos e, assim, oportunizar a construção mais integrada de conceitos que, via de regra, são tratados como impossíveis de serem realizados por alunos cegos e, também, por videntes.

Um dos resultados secundários que discutimos é o aumento na produção de gestos descritivos de alunos cegos congênitos, após o contato com os modelos moleculares e a evolução na sua representação, que passou de representações próprias baseadas na descrição verbal pelo professor (interação social e construção de representações e drivers apenas baseadas nesta interação) para representações de átomos e ligações que se aproximam das representações utilizadas por videntes. Esta evolução representacional foi possível com o uso de interação psicofísica-cultural com os modelos moleculares, mas também com a interação sociocultural com o professor.

Esta evolução representacional foi acompanhada de uma maior frequência no uso de imagens mentais, fundamentais para a compreensão dos fenômenos estudados por estes estudantes cegos, visto ser de grande dificuldade a resolução de problemas químicos sem que o estudante consiga construir imagens mentais ou simulações mentais. Esta, por sua vez, dá a oportunidade ao estudante de ter um raciocínio integrador, ao associar diferentes configurações a distintas substâncias químicas ao consolidar esta habilidade de imagens mentais e suas representações produzidas pela criação de drivers específicos que podem ser construídos pela mediação cultural e/ou sociocultural

A internalização de drivers e representações a respeito da geometria molecular possibilitou, finalmente, uma melhor conceitualização do que é molécula no seu aspecto geométrico. Ao desenvolverem drivers representacionais que são distintos das suas geometrias próprias prévias – únicas para cada estudante cego – após o uso de modelos, convencionais, alternativos e mesmo tátil como o usado com a pesquisadora esses estudantes conseguem desenvolver seus drivers de representação que são semelhantes entre si e que também se assemelham aos desenvolvidos por videntes.

Não menos importante é o resultado que diz respeito as representações imagísticas próprias que estes estudantes possuíam e o ganho de competência representacional. Os dados mostrados nos capítulos 6 e 7 dessa tese evidenciam este fato. Conceitos como representações atomísticas e moleculares, cis e trans, pouco conhecidos por estes estudantes cegos.

A aquisição de representações e drivers atomísticos, representados pela evolução dos gestos para representar átomos, moléculas e ligações com o uso das mãos e dedos para demonstrar geometria molecular sugere que estes estudantes iniciaram o aprendizado dos conceitos de isomeria CIS/TRANS, onde a aquisição de drivers social e cultural são próprios de cada estudante.

A maioria das aulas regulares em que estão presentes alunos cegos congênitos mostra o professor falando e o uso de modelos é raramente utilizado. A principal recomendação desta tese, para o ensino, é que estes modelos sejam efetivamente utilizados amplamente, tanto por alunos cegos quanto por alunos videntes, para uma melhor compreensão da geometria molecular.

As questões de investigação apresentadas em 1.3.1, centrada em atividades de investigação sobre possíveis modificações cognitivas em alunos cegos congênitos, quando estes utilizam modelos moleculares para representar suas imagens mentais, podem ser respondidas ao levarmos em consideração que um aluno cego congênito ao ser confrontado com determinados conceitos químicos, lida com os mesmos da mesma maneira que alunos videntes quando usam modelos moleculares. Sem o conhecimento do modelo molecular do tipo balls-and-sticks, os conceitos químicos sobre ligações e geometria molecular mostram representações de imagens mentais próprias, únicas para estes alunos cegos e também para videntes e, após o uso destes modelos moleculares suas representações passam a ser semelhantes a de estudantes videntes, mostrando que essas representações não necessariamente são construídas por meio de observação visual.

A principal limitação desta tese está relacionada ao número de sujeitos encontrados relacionados a proposta apresentada, o que não permitiu um maior número de dados que pudessem ser pertinentes e confrontados.

Em termos de pesquisa, acreditamos que um possível desenvolvimento desta tese de doutoramento é de que forma o estudante cego compreende conceitos onde as representações não são construídas nem mesmo para alunos videntes, como o do mundo submicroscópico da mecânica quântica.

REFERÊNCIAS

AMIRALIAN, M.L.T. **Compreendendo o cego**: uma visão psicanalítica por meio de desenhos-histórias. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997.

_____. O psicólogo e as pessoas com deficiência visual. In: MASINI, E. A. F. S. (Org.). **Do sentido, pelos sentidos, para o sentido**: sentidos das pessoas com deficiência sensorial. Niterói/RJ: Intertexto, 2002, p. 201-208.

ANDERSEN, P. A. **Nonverbal communication**: forms and functions. California: Mayfield Publishing Company, 1999.

ANDRÉ, M. Tendências atuais da pesquisa na escola. **Cad. CEDES**, v. 18, n. 43, p.46-57, 1997.

APPELT, H.R.; OLIVEIRA, J.S.; MARTINS, M.M. Modelos moleculares: passado e presente. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.4, n.3, p.7-16, 2009.

ARGYLE, M. Nonverbal communication in human social interaction. In: HINDE, R. A. **Nonverbal communication**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972, p. 243-267.

AUSUBEL, NOVAK; HANESIAN, Y. **Psicologia educativa**: um ponto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas, 1983.

BACHELARD, G. *Le rationalisme appliqué*. Paris: Presses Universitaires de France, 1975.

BARNEA, N.; DORI, Y. J. Computerized molecular modelling the new technology for enhancing model perception among chemistry educators and learners. **Chemistry Education Research and Practice**, v.1, n.1, p.109-120, 2000.

BERTALLI, J.G. Ensino de química para deficientes visuais. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), 2008.

BEYER, H.O. **Inclusão e avaliação na escola**: de alunos com necessidades educacionais especiais. Porto Alegre: Mediação, 2005.

BLASS, T.; FREEDMAN, N.; STEINGART, I. Body movement and verbal encoding in the congenitally blind. **Perceptual and Motor Skills**, n. 39, p. 279-293, 1974.

BODGAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. 1994.

BONIFÁCIO, V. D. B. 5QR-Coded audio periodic table of the elements: a mobile-learning tool. **J. Chem. Educ.**, v. 89, n. 4, p. 552-554, 2012.

BOYD-KIMBALL, D. Adaptive instructional aids for teaching a blind student in a nonmajor's college chemistry course. **J. Chem. Educ.**, 89 (11), p 1395-1399, 2012.

BRASIL, Ministério da Justiça. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Declaração de Salamanca e linhas de ação sobre necessidades especiais**. Brasília: CORDE, 1994.

BRASIL. Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência. Luiza Maria Borges Oliveira (Coord.). Secretariade Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR). Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD). Coordenação-Geral do Sistema de Informações sobre a Pessoa com Deficiência. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2012.

_____. **Decreto Nº 3.956**, de 8 de outubro de 2001. Promulga a Convenção Interamericana para a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência. Guatemala, 2001.

_____. **Decreto nº 5.296**, 02 de dezembro de 2004. Altera o Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, que estabelece classificação para deficiência visual. Brasília, 2004.

_____. **Lei 12.796**, 04 de abril de 2013. Altera a Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.394**, 20 de dezembro de 1996. Esclarece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília/DF, 1996.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (PCNs) – Ensino Médio. 1999.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais. **Adaptações Curriculares** – estratégia para a educação de alunos com necessidades educacionais especiais. Brasília: MEC/SEF/SEESP, 1999. Disponível em: <http://www.educacaoonline.com.br>. Acesso em: 10 maio 2014.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Especial. Coordenação geral SEESP/MEC. **Educação inclusiva: a escola**. Organização Maria Salete Fábio Aranha. Brasília, 2004.

_____. Ministério da Saúde. **Projeto Olhar Brasil**: triagem de acuidade visual. Manual de orientação. Ministério da Saúde, Ministério da Educação. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

BRUNER, J.S. **In search of mind**. New York: Harper & Row, 1983.

BUTCHER, C.; GOLDIN-MEADOW, S. Gesture and the transition from one-to two-word speech: when hand and mouth come together. In: MCNEILL, D. (Ed.). *Language and Gesture*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 235-257, 2000.

CAMARGO, E. P. Alunos com deficiência visual em um curso de química: fatores atitudinais como dificuldades educacionais. Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências - **VI ENPEC**. Florianópolis, 2007.

_____. et al. Ensino de física e deficiência visual: diretrizes para a implantação de uma nova linha de pesquisa. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVIII, Vitória, 2009. **Anais...** CD-Rom, Vitória, SBF, 2009.

CAMARGO, E.P. O ensino de física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de física para aluno cego e com baixa visão. Tese (Doutorado). Campinas, SP, 2005.

_____. Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas. Bauru, 218f. Tese (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2000.

_____; SCALVI L. V. A.; Braga T. M. S. O ensino de física e os portadores de deficiência visual: aspectos observacionais não-visuais de questões ligadas ao repouso e ao movimento dos objetos. In: NARDI, R. (Org.). **Educação em ciências: da pesquisa à prática docente**. São Paulo: Escrituras, v. 3, 2001.

_____; SILVA, D. Desmistificar a deficiência visual como primeiro passo para ações educativas de física. In: CONGRESSO REGIONAL DE EDUCAÇÃO, 5, 2004, São José do Rio Pardo – SP. **Anais eletrônicos: saberes teóricos e saberes da prática na formação dos professores**, São José do Rio Pardo-SP, 2004.

_____. Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física. São Paulo: Ed. Unesp, 2012.

CARROLL, T. J. **Blindness**. Boston: Little, Brown. 1961.

CATTANEO, Z.; VECCHI, T. **Blind vision: the neuroscience of visual impairment**, 2011.

CAVALCANTE, M. Hologestos: produções linguísticas numa perspectiva multimodal. **Revista de Letras**, Fortaleza, n. 31, p. 7-14, 2012.

_____. Rotinas interativas mãe-bebê: constituindo gêneros do discurso. **Investigações**, n. 21, p. 153-170, 2009. (UFPE. Impresso)

_____; BRANDÃO, L. Gesticulação e fluência: contribuições para a aquisição da linguagem. **Cadernos de Estudos Linguísticos (UNICAMP)**, v. 1, p. 55-66, 2012.

CLAUSS, A. Concept connections: making chemistry accessible. **J. Chem. Educ.**, v. 86, n. 5, p. 591, 2009.

CLEMENT, J.J.; STEINBERG, M.S. Stepwise evolution of mental models of electric circuits learning aloud: case study. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 11, n. 4, p. 389-452, 2002.

COLE, M.; SCRIBNER, S. Introduction. In: VYGOTSKY, L. S. **Mind in society – the development of higher psychological process**. New York: Basic Books, 1978.

CONNER, J.; FARR, R. F. **Using think-alouds to improve reading comprehension**, 2004.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CUNHA, A. C. B.; ENUMO, S. R. F. Desenvolvimento da criança com deficiência visual (dv) e interação mãe-criança: algumas considerações. **Psicologia, Saúde & Doenças**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 33-46, jul. 2003.

DA FONTE, R. et al. A matriz gesto-fala na aquisição da linguagem: algumas reflexões. In: RÊGO BARROS, I. et al. **Aquisição, desvios e práticas de linguagem**. Curitiba: CRV, 2014, p. 11-26.

DAVIS, F. **A comunicação não-verbal**. São Paulo: Summus Editorial, 1979.

FERNANDES, S e HEALY, L. Ensaio sobre a inclusão na educação matemática. **Revista de Educação Matemática – Unión**, n. 10, 2007.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova**, v.1, n.28, p.32-36, 2008.

FEUERSTEIN, R.; FEUERSTEIN, S. Mediated learning experience: a theoretical review. In: FEUERSTEIN, R.; KLEIN, P.S.; TANNENBAUM, A.J. (Eds.). Mediated learning experience (MLE): theoretical, psychological and learning implications. London: International Center for Enhancement of Learning Potential (ICELP), p. 3-51, 1991.

FLAVELL. **Desenvolvimento cognitivo**. Madrid: Visor, 1993.

FONTE, R. O funcionamento da atenção conjunta na interação mãe-criança cega. 315f. Tese (Doutorado em Linguística) – Programa de Pós-Graduação em Linguística, Universidade Federal da Paraíba, 2011.

FREEDMANN, P. HOFFMANS, P. Kinetic behavior in altered clinical states: an approach to the objective analysis of motor behavior during clinical interviews. *Perceptual and Motor Skills*, 525-539, 1967.

GABEL, D. The complexity of chemistry and implications for teaching. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K.G. (Eds.), **International handbook of science education**. Boston, MA: Kluwer, p. 233-248, 1998.

GATTI, B. A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 1, p.11-30, 2004.

GONZÁLEZ, E. (Org.) Necessidades educacionais específicas: intervenção psicoeducacional. Porto Alegre: Artmed, 2007, p.102.

GRAYBILL, C.M.; SUPALO, C.A.; MALLOW, T. E. Low-cost laboratory adaptations for precollege students who are blind or visually impaired. **J. Chem. Educ.**, v. 85, n. 2, p 243, 2007.

HARRIS, T.L.; HODGES, R. E. **Dicionário de alfabetização**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

HARSHMAN, J.; BRETZ, S. L.; YEZISKI, E. Seeing chemistry through the eyes of the blind: a case study examining multiple gas law representations. **J. Chem. Educ.**, march 25, 2013.

HOFFMANN, R.; LASZLO, R. Representation in chemistry. **Angewandte Chemie**, n. 30, v.1, p. 16, 1991.

HOVICK, J.W.; MURPHY, M.; POLER, J. C. Audibilization in the chemistry laboratory: an introduction to correlation techniques for data extraction. **J. Chem. Educ.**, v. 84, n. 8, p. 133, 2007.

IVERSON, J.; GOLDIN-MEADOW, S. Gesture paves the way for language development. **American Psychological Society**, v. 16, n. 5, p. 367-371, 2005.

_____; GOLDIN-MEADOW, S. What's communication got to do with it? Gesture in children blind from birth. **Developmental Psychology**, n. 33, v. 3, p. 453-467, 1997.

_____; GOLDIN-MEADOW, The resilience of gesture in talk: gesture in blind speakers and listeners. **Developmental Science**, v. 4, n. 4, p. 416-422, 2001.

JOLLY, W. L. **Modern inorganic chemistry**. São Paulo: McGraw-Hill, 1984.

JONES, L.; JORDAN, K.; STILLINGS, N. Molecular visualization in science education. In: Molecular visualization in science education workshop, Arlington, VA, 2001. Disponível em: http://pro3.chem.pitt.edu/workshop/workshop_report_180701.pdf. Acesso em: 17 jul. 2014.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case "of atom". **Internacional Journal Science Education**, London, v. 22, n. 9, p. 993-1009, 2000.

KENDON, A. Do gestures communicate? A review. **Research on Language and Social Interactions**, n. 27, p.175-200, 1994.

_____. **Gesture: visible action as utterance**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004.

_____. Language and gesture: unity or duality? In: MCNEILL (Ed.) **Language and gesture**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, p. 47-63.

KIRK, S. A.; GALLAGHER, J. J. **Educação da criança excepcional**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

KOZULIN, A. **La psicología de Vygotsky**. Madrid: Alianza, 1990.

LACHMAN, R.; LACHMAN, J. L.; BUTTERFIELD, E.C. **Cognitive psychology and information processing: an introduction**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1979.

LEWIS, A.M.; BODNER, G.M. Students with blindness chemical reactions: what understanding do students with blindness develop? **Chem. Educ. Res. Pract**, n.14, p. 4, 2013.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. (Col. Magistério 2º Grau. Série formação do professor).

MANLY, L. Nonverbal communication of the blind. In W. von Raffler-Engel (Ed.), Aspects of nonverbal communication (pp. 345- 350). Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger, 1980.

MARQUES, C. A. **A imagem da alteridade na mídia**. Tese. Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MARTIN, M.B.; BUENO, S. T. **Deficiência visual: aspectos psicoevolutivos e educativos**. São Paulo: Santos, 2003.

MASINI, E.F.S. **O perceber e o relacionar-se do deficiente visual**: orientando professores especializados. Tese (Livre Docência em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1990.

_____. Psicopedagogia e inclusão: o papel do profissional e da escola. **Revista Psicopedagogia**, São Paulo, v.20, n. 61, p 2-6, 2003.

MCNEILL, D. **Hand and mind**: what gestures reveal about thought. Chicago/IL: University of Chicago Press, 1992.

_____. Introduction. In: MCNEILL, D. (Ed.). **Language and gesture**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

_____. So you think gestures are no verbal? **Psychological Review**, v. 92(3), p. 350-371, 1985.

MEHAN, H. Social constructivism in psychology and sociology. **The Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition**, 3, p.71-77, 1981.

MIECZNIKOWSKI, J.R. et al. Adapting advanced inorganic chemistry lecture and laboratory instruction for a legally blind student. **J. Chem. Educ.**, n. 92 (8), p 1344–1352, 2015.

MINKARA, M. S. et al. Implementation of protocols to enable doctoral training in physical and computational chemistry of a blind graduate student. **J. Chem. Educ.**, 92 (8), p 1280-1283, 2015.

MORAIS, C. M. V. **Recurso multimídia “Moleculito”**: exemplo de construção e avaliação no ensino básico. Dissertação (Mestrado), Porto, maio/2007.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em educação em ciências: métodos qualitativos. Universidad de Burgos, Espanha; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoio n. 14. Publicado em ActasDel PIDEDEC. **Anais...** p.4:25–55, 2002.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In: MORRISON, M.; MORGAN, M. S. **Models as mediators**: perspectives on natural and social science, Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p.10-37.

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.; SCOTT, P. **Atividade discursiva na sala de aula de ciências**: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2006.

MUNSTER, M.; VAN, A.; ALMEIDA, J. J. G. Atividade física e deficiência visual. In: GORGATTI, M. G.; COSTA, R. F. **Atividade física adaptada**: qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais. São Paulo: Manole, 2005.

NEELY, M.B. J. Using technology and other assistive strategies to aid students with disabilities in performing chemistry lab tasks. **J. Chem. Educ.**, v. 84, n. 10, p. 1697, 2007.

NORMAN, Simon Y. **Perspectivas de la ciência cognitiva**. Barcelona: Paidós, 1986.

OLIVEIRA, J.P.; MARQUES, S.L. Aquisição e desenvolvimento da linguagem em crianças com necessidades especiais decorrentes da deficiência visual: revisão da literatura. **Rev. Bras. Ed. Esp.**, Marília, v.10, n.3, p.371-384, set.-dez. 2004.

OLIVEIRA, M.K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo socio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1995.

OMOTE, S. Classes especiais: comentários à margem do texto de Torezan & Caiado. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 1, n. 6, p. 43-64, 2000.

ORMELEZI, L.M. **Inclusão educacional e escolar da criança cega congênita com problemas na constituição subjetiva e no desenvolvimento global: uma leitura psicanalítica em estudo de caso**. São Paulo, 2006.

_____. **Os caminhos da aquisição da cegueira e o conhecimento: do universo do corpo ao universo simbólico**. Dissertação (Mestrado). USP. São Paulo: Ed. USP, 2000.

_____. Psicopedagogia em pauta para a educação especial: uma busca por instrumentos para lidar com o aprender e o não-aprender. In: MASINI, E.F.S. **Ação psicopedagógica**. II ciclo de Estudos de Psicopedagogia Mackenzie. São Paulo: Memnom/Mackenzie, 2000.

PENCE, L.E.; WORKMAN, H.J.; RIECKE, P. Effective laboratory experiences for students with disabilities: the role of a student laboratory assistant. **J. Chem. Educ.**, 2003, 80 (3), p. 295, 2005.

PEREIRA, F. et al A web portal for the processing of molecular structures by blind students. **J. Chem. Educ.**, v. 88, n. 3, p. 361-362, 2011.

PEREIRA, F. et al. Sonified infrared spectra and their interpretation by blind and visually impaired students. **J. Chem. Educ.**, July 19, 2013.

POON, T.; OVADIA, R. Using tactile learning aids for students with visual impairments in a first-semester organic chemistry course. **J. Chem. Educ.**, 85 (2), p. 240, 2008.

RAMOS, A de F. **Estudo do processo de internalização de conceitos de química usando software de modelagem molecular**. Canoas, 2015.

RAMOS, A. F.; SERRANO, A. **Modelagem molecular no ensino de ciências: uma revisão da literatura no período 2001-2011 acerca da sua aplicabilidade em atividades de ensino**, v. 15, p. 354-362, 2013.

RAVER, S. A.; DRASH, P. W. Increasing social skills training for visually impaired children. **Education of the Visually Handicapped**, XIX, n. 4, p. 123-135, 1988.

REGIANI, A.M.; MÓL, G.S. Inclusão de uma aluna cega em um curso de licenciatura em química. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 123-134, 2013.

ROWE, M.; GOLDIN-MEADON, S. Early gesture selectively predicts later language learning. **Developmental Science**, 12(1), p. 182-187, 2009.

SANTOS, M. P; PAULINO, M. M. Inclusão em educação: Culturas, políticas e práticas. São Paulo: Cortez, 2001.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

SASAKI, M. The effect of visual contact with others on the use of hand gestures in speech. Paper presented at the **25th International Conference of Psychology**, Brussels, and Belgium.1992

SCHWAHN, M.C.A; SERRANO, A. A. N. **Ensinando química para alunos com deficiência visual**: uma revisão de literatura. In: Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas/SP, 2011.

SCOTT, R. A. The socialization of blind children. In D. A. Goslin (Ed.), *Handbook of socialization theory and research*. Chicago: Rand-McNally, p. 1025-1045.1969.

SEBATA, C. E. **Aprendendo a imaginar moléculas**: uma proposta de ensino de geometria molecular. 2006.165f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, DF, 2006.

SEIBERT, T.E. Aprendizagem matemática de um jovem com espinha bífida e síndrome de Arnold Chiari. Tese (Doutorado)– Universidade Luterana do Brasil. Rio Grande do Sul, 2014.

SELLTIZ, C., WRIGHTSMAN, L. S., COOK, S. W. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2 ed. São Paulo: E P U, 1987, v.1.

SERRANO, A.A. N.; RAUPP, D.; MOREIRA, M.A. **A evolução histórica da linguagem representacional química**: uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. In: Atas do VII ENPEC, Florianópolis, SC, 2009.

SORDI, M. R. **A prática de avaliação do ensino superior**. São Paulo: Cortez, 1995.

SOUZA, B. C. de A teoria da mediação cognitiva: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco CFCH. Psicologia, Recife, 2004.

SOUZA, B. C. et al. Putting the cognitive mediation networks theory to the test: evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2320-2330, 2012.

STAINBACK, S.; STAINBACK, W. **Inclusão**: um guia para educadores. Trad. Magda França Lopes. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

SUPALO, C.A. et al. Using adaptive tools and techniques to teach a class of students who are blind or low-vision. **J. Chem. Educ.**, v. 86, n. 5, p. 587, 2009.

SUPALO, C.A.; HILL, A.A.; LARRICK, C.G. Summer enrichment programs to foster interest in STEM education for students with blindness or low vision. **J. Chem. Educ.**, 91 (8), p. 1257-1260, 2014.

_____; ISAACSON, M.D.; LOMBARDI, M. V. Making hands-on science learning accessible for students who are blind or have low vision. **J. Chem. Educ.**, October 22, 2013.

_____; KENNEDY, S.H. Using commercially available techniques to make organic chemistry representations tactile and more accessible to students with blindness or low vision. **J. Chem. Educ.**, 91 (10), p. 1745-1747, 2014.

_____. Techniques to enhance instructors teaching effectiveness with chemistry students who are blind or visually impaired. **J. Chem. Educ.**, v. 82, n. 10, p. 1513, 2005.

TALEB, A. et al. **As condições de saúde ocular no Brasil**. 1 ed. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. São Paulo/SP, 2012.

TELFORD, C. W.; SAWREY, J. M. O indivíduo excepcional. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

TOSIM, A.; PEROTTI JUNIOR, A.; LEITÃO, M. T.K.; SIMÕES, R. Sistemas técnicos e táticos no goalball. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.7, n. 2, p. 141-148, maio/ago.2008.

TOSTES, J.G. Estrutura molecular – o conceito fundamental da química. **Química Nova na escola**, n. 7, p. 17, 1998.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, 25(11), p. 1353-1368, 2003.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. 5 ed. reform. São Paulo: Saraiva, 2002.

VAN-SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method: a practical guide to modeling cognitive processes**. London: Academic Press, 1994.

VYGOSTKY, L. S. **Obras escogidas V: fundamentos de defectología**. Madrid: Visor, 1997.

_____. **A formação social da mente**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

_____. **Mind in society – the development of higher psychological process**. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

_____. **Pensamento e linguagem**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

WARREN, D. H.; WELCH, R. B. Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. **Psychological Bulletin**, 88: 638-667. 1980.

WEDLER, H. B. et al. Applied computational chemistry for the blind and visually impaired. **J. Chem. Educ.**, v. 89, n. 11, p. 1400-1404, 2012.

WEDLER, H. B. et al. Nobody can see atoms: science camps highlighting approaches for making chemistry accessible to blind and visually impaired students. **J. Chem. Educ.**, 91 (2), p 188-194, 2014.

WERTSCH, J. **Voices of mind**. Cambridge/MA: Harvard University Press. 1993.

WOLFF, J. **Qual a mudança na estrutura cognitiva de estudantes após o uso de simulações computacionais?** Uma investigação da relação entre representações computacionais internalizadas e aprendizagem significativa de conceitos no campo das colisões mecânicas em física. Tese. Doutorado. ULBRA, 2015.

WU, H.-K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, 88, 465-492, 2004.

YOSHIDA, M. **Pensar em voz alta protocolos e tipo de tarefa lendo:** a questão da reatividade em L2 leitura de investigação. Selected Anais do Fórum de Pesquisa 2007 Segunda língua. Somerville, MA: Cascadilla Proceedings Projeto, 2008.

APÊNDICE A – E-MAIL ENVIADO ÀS CRES

TEXTO DE E-MAIL ENVIADO PARA TODAS AS CRES NA BUSCA PELOS SUJEITOS DA PESQUISA

Bom Dia!

Meu nome é Maria Cristina Aguirre Schwahn.

Sou aluna doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA/Canoas (PPGECIM).

Sou professora de Química e Mestre em Ensino de Química.

Como o foco de minha amostra é o aluno cego ou de baixa visão, preciso saber onde eles estão.

Ao entrar em contato com a responsável pela Educação Especial na SEDURS, a professora [REDACTED] recomendou que eu entrasse em contato direto com o responsável pela educação especial das coordenadorias do interior do estado.

Este é o motivo deste e-mail.

Busco alunos cegos e de baixa visão que estejam matriculados no ensino médio nas escolas estaduais de abrangência de sua coordenadoria.

Fico no aguardo e desde já agradeço.

Maria Cristina A Schwahn

F: (51) 8158-2689

e-mail: cristinaschwahn@gmail.com



APÊNDICE B –AUTORIZAÇÃO DOS INVESTIGADOS NA PESQUISA



AUTORIZAÇÃO DO JOVEM INVESTIGADO

Eu,

_____,
RG nº _____, maior de idade, autorizo o uso de filmagens,
fotos e transcrições de diálogos das sessões de estudo da intervenção pedagógica
aplicada pela doutoranda Maria Cristina Aguirre Schwahn, que ocorreram em
_____ e _____, no turno da manhã, no horário
_____, na cidade de _____/RS, em sua tese, em
congressos, em palestras e em publicações.

Canoas,

julho de 2014

PPGECIM - Av. Farroupilha, 8001
Prédio 14 - Sala 338 - Bairro São José
Canoas/RS • Cep 92425-900
Fone: (51) 3477.9278 Fax: (51) 3477.9239
E-mail: ppgecim@ulbra.br
Twitter: @ppgecim_ulbra

**APÊNDICE C –CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS EDUCACIONAIS
REALIZADOS**

GUIA DAS ENTREVISTAS COM OS ALUNOS

- A Química: quais os conteúdos preferidos; aspectos e/ou assuntos de que tivessem gostado e não gostado numa aula de Química (deste ano ou anterior);
- resolução de uma tarefa sobre geometria molecular – isomeria CIS/TRANS

Roteiros das entrevistas semiestruturadas

ROTEIRO ENTREVISTA 1º EXPERIMENTO

1. Como você constrói a fórmula da água?
2. Como ocorrem essas ligações?
3. Como você constrói a fórmula do gás oxigênio?
4. Como ocorrem essas ligações?
5. Como você constrói a fórmula da amônia?
6. Como ocorrem essas ligações?
7. Como você constrói a fórmula do metano?
8. Como ocorrem essas ligações?

ROTEIRO ENTREVISTA 2º EXPERIMENTO

1. Como você imagina a molécula destas substâncias?
2. Como é a imagem que você construiu mentalmente?
3. Como você descreveria esta representação?
4. De que forma vê os átomos/LIGAÇÕES?
5. Qual a forma que eles têm? Letras ou bolas?
6. Como vê as ligações?
7. Noção de plano e de espaço?
8. Qual o tamanho que esta molécula tem na sua imagem?
9. Onde ela está localizada na sua imagem mental?
10. Consegue montar as moléculas (geometria correta)?
11. Vê as moléculas em 3D, quando é o caso?
12. Estas moléculas estão paradas ou em movimento?

ROTEIRO ENTREVISTA 3º EXPERIMENTO

1. Como você imagina, na sua cabeça, um átomo, uma ligação, uma molécula?
2. Como você descreveria esta imagem?
3. Você tem noção de plano e de espaço? Usando as mãos como você descreveria estes dois conceitos?
4. Na sua imagem, as moléculas são grandes ou pequenas?
5. Os átomos, na sua imagem possuem o mesmo tamanho?
6. Onde ela está na imagem mental?
7. Como você descreveria, usando as mãos, a posição dos átomos na sua imagem mental?
8. Consegue montar as moléculas?
9. Vê as moléculas em 3D, no espaço, quando é o caso?
10. As moléculas na sua imagem estão paradas ou se movimentam?
11. Você sabe dizer o que é isomeria?
12. Sabe o que é isomeria CIS/TRANS? (Dê um exemplo de moléculas que apresentam isomeria CIS/TRANS)
13. Usando suas mãos você sabe mostrar as posições cis/trans?
14. Como surgem suas imagens, uma a uma ou todas ao mesmo tempo?
15. Como é a rotação (se existe) para ocorrer CIS/TRANS?
16. Você sabe dizer quais as propriedades que mudam com a rotação?
17. Você já tinha visto este tipo de representação? De onde vem a representação?
18. Você sabe se existe isomeria para o 1,1 e 1,2 dicloroetano? E para o 1,2 dicloroetileno?

APÊNDICE D –MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 1

MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 1

Massa de modelar escolar

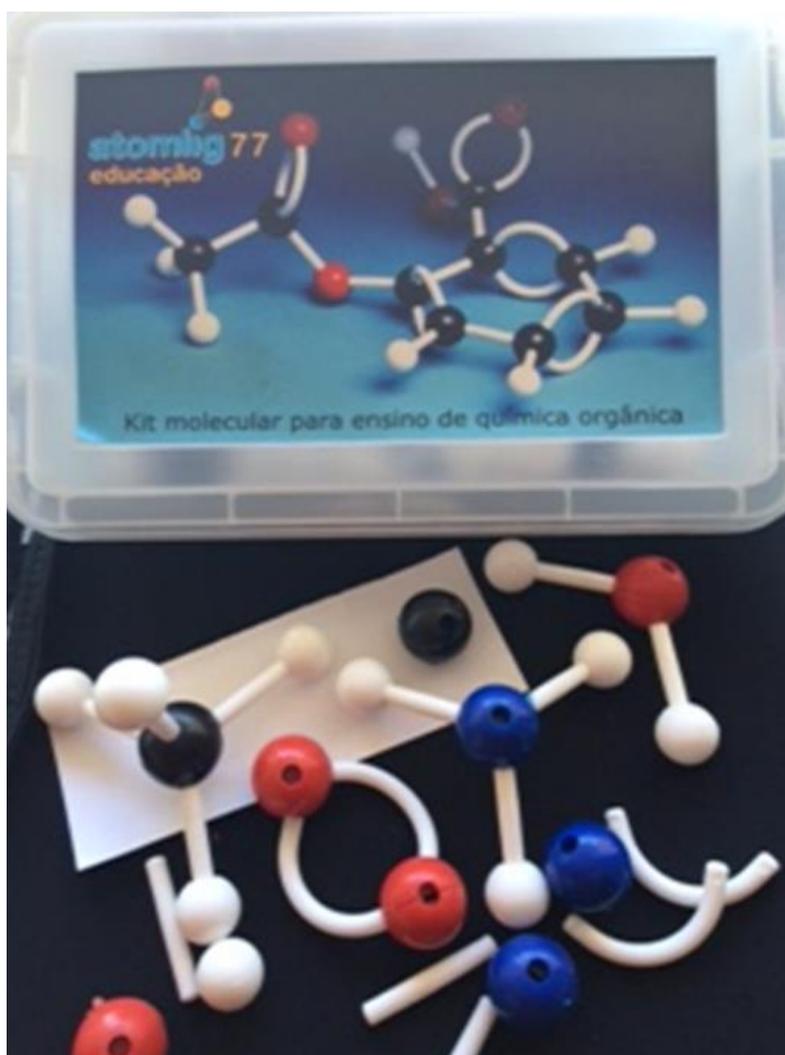
Pontas de pipeta – hastes menores

Pontas de pipeta e tubo silicone – hastes maiores



APÊNDICE E –MODELO MOLECULAR CONVENCIONAL

MODELO MOLECULAR CONVENCIONAL
(Balls-and-sticks)



APÊNDICE F –MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 2

MODELO MOLECULAR ALTERNATIVO 2

- Bolas de isopor de tamanhos diferentes
- Palitos de madeira

