



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

WANDA NAVES COCCO SALVADEGO

**INTERPRETAÇÃO DAS GESTICULAÇÕES DE
ESTUDANTES NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA BASEADA
NA SEMIÓTICA DE PEIRCE**

Londrina

2015

WANDA NAVES COCCO SALVADEGO

**INTERPRETAÇÃO DAS GESTICULAÇÕES DE
ESTUDANTES NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA BASEADA
NA SEMIÓTICA DE PEIRCE**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação do Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina

2015

WANDA NAVES COCCO SALVADEGO

**INTERPRETAÇÃO DAS GESTICULAÇÕES DE ESTUDANTES NO
LABORATÓRIO DE QUÍMICA BASEADA NA SEMIÓTICA DE PEIRCE**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação do Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora.

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr Carlos Eduardo Laburú - Orientador
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof Dr Edson José Wartha

Profa Dra Fabiele Cristiane Dias Broietti

Prof Dr Paulo Sergio Camargo Filho

Profa Dra Polônia Altoé Fusinato

Londrina,dede 2015

Salmo 23

**O Senhor é o meu pastor, nada me faltará.
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.
Refrigera a minha alma.
Guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum,
porque tu estás comigo, a tua vara e o teu cajado me consolam.
Preparas uma mesa perante mim
na presença dos meus inimigos, unges a minha cabeça com óleo,
o meu cálicetransborda.
Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão
todos os dias da minha vida e
habitarei na casa do Senhor por longos dias.**

A esse Deus maravilhoso que, muitas vezes, no desespero desses anos, trouxe-me a paz e confiança que eu tanto precisava. Ao Valter, saudades. Aos meus filhos Fabiane e Eduardo, que estiveram comigo em todos os momentos, dividindo as alegrias e tristezas, me apoiando nas dificuldades, com muita paciência e incentivo para esta realização, todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador Dr. Carlos Eduardo Laburú pela sua colaboração e pela confiança em mim depositada desde o início.

Aos professores Prof. Dr. Edson José Wartha, Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti, Prof.Dr. Paulo Sérgio Camargo Filho e a professora Dra. Polônia Altoé Fusinato pelas condições necessárias ao aprimoramento do trabalho.

À minha família, pela confiança e motivação, especialmente meus filhos pelo apoio, paciência e compreensão.

À Helenara pelo incentivo e apoio nestes anos de convivência e estudo.

Aos professores do programa, pelas inspirações nos momentos de convivência.

Aos colegas do curso, pela amizade e troca de experiências, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos professores que permitiram as gravações de suas atividades de laboratório, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

À minha colega Adriana que, mesmo sem tempo, não mediu esforços para me auxiliar, esclarecer dúvidas, e muito colaborou, às vezes sem perceber, quando de suas apresentações no grupo.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada, e aos professores, funcionários, direção e equipe pedagógica do C. E. Antonio Tortato – EMN, companheiros de trabalho que, muitas vezes, atuaram como psicólogos, principalmente a professora Elizângela e Luciana.

Aos que não impediram a finalização deste estudo.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e a Deus que permitiu que tudo isso fosse possível.

**“...Ser feliz de uma forma realista é fazer o possível e aceitar o improvável.
Fazer exercícios sem almejar passarelas, trabalhar sem almejar o
estrelato, amar sem almejar o eterno.
É importante pensar-se ao extremo, buscar lá dentro o que nos mobiliza,
instiga e conduz, mas sem exigir-se desumanamente...”**

Mario Quintana

SALVADEGO, Wanda NavesCocco. **Interpretação das gesticulações dos estudantes no laboratório de química baseada na semiótica de Peirce.** 2015.167fls.Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

Esta tese apresenta uma pesquisa qualitativa e descritiva, realizada com estudantes do ensino médio Técnico em Química, do segundo e terceiro ciclo do Ensino Subsequente com o objetivo de interpretar os sentidos das gesticulações dos estudantes no laboratório de química quando estes realizam um experimento. Pelos pressupostos baseados na multimodalidade representacional, o laboratório é um espaço instrucional que fornece condições para a produção da acepção dos conceitos. O objetivo do uso do laboratório didático na aprendizagem científica justifica-se segundo uma dimensão cognitivista. Pode-se dizer muito das atividades dos estudantes em aulas experimentais. As gesticulações dos estudantes auxiliam na elaboração de significados, permitindo a expansão de sentidos, e, se consideradas dentro do processo semiótico como signos, podem ser estudadas e analisadas. Como o foco desta investigação se volta para as atividades empíricas, as ações para nós têm maior importância do que os gestos. As ações podem ser pensadas como uma composição temporal de gestos fragmentados que se interligam e dirigem para um determinado fim. Logo, a gesticulação antes de ser comunicativa é primeiramente expressiva, o que significa dizer que são signos de natureza deliberadamente não intencionais na relação emissor e receptor. A pesquisa foi realizada com base em atividade pedagógica de experimentações em físico-química e as gesticulações dos estudantes, os signos por nós analisados, estão baseados numa leitura da Teoria semiótica de Peirce. Do ponto de vista da importância pedagógica, a gesticulação sintetiza duas dimensões a serem atendidas: uma cognitiva, tendo em vista seu papel auxiliar na construção do pensamento e elaboração do significado do aprendiz do que está sendo estudado; outra dimensão, de interesse deste trabalho, de natureza avaliativa processual, visto se constituir em uma linguagem que permite ao professor apreciar o significado do conhecimento do que está sendo construído pelo estudante. Os resultados indicam a necessidade de se tornar mais conhecidos instrumentos pedagógicos como o que avaliamos nesta tese para que o ensino-aprendizagem, no nosso caso especial, em laboratório, possa ser feito de forma mais imediata e efetiva.

Palavras-chave: Gesticulação. Semiótica. Atividades experimentais. Ensino de química.

SALVADEGO, Wanda NavesCocco. **Interpretation of Chemistry lab students gestures based on Peirce Semiotics**. 2015. 167pages. Thesis (PhD in Math and Science Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

This thesis presents a qualitative and descriptive research carried out with students from a Technical High School Chemistry Course, of the second and third cycle subsequent education with the purpose of interpret the meanings of gestures of the students in chemistry laboratory when they perform an experiment. According to assumptions based on the representational modality, the laboratory is an instructional space that offers conditions for the production of meanings and concepts. The use of the didactic laboratory in scientific learning is justified by a cognitivist dimension. It can say a lot about the students' activities in experimental classes. Students' gestures help the elaboration of meanings, allowing the expansion of the senses and, if seen within the semiotics process as signs, they can be studied and analyzed. As the focus of this investigation is on empirical activities, actions for us have greater importance than gestures. Actions can be as temporal compositions of fragmented gestures that are interconnected and directed towards a specific end. Therefore, before being communicative, the gesture is primarily expressive, which means that they are non-intentional signs of nature in the relation between issuer and receptor. There search was based on experimentation pedagogical physical-chemical activities and the students' gestures and signs analysis is based on Peirce's Semiotics Theory. From the pedagogical importance stand point, gestures synthetizes two dimensions to be met: a cognitive dimension, considering its auxiliary role in the constructions of the thought and elaboration of meaning by the learner about the content being taught; and, another dimension, of process evaluation nature, which is the focus of this work, since it constitutes a language that allows the teacher to appreciate the meaning of the knowledge being constructed by the student. Results show the need to make pedagogical tools, such as this evaluated by this thesis, more known so that the teaching-learning process, and, in this case, the one that takes place in the laboratory, can occur in a more immediate and effective way.

Key words: Gestures. Semiotics. Experimental activities. Chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Organização da arquitetura filosófica de Peirce..... | 30 |
| Figura 2 - As relações entre as categorias fenomenológicas e a segunda classificação dos signos..... | 40 |
| Figura 3 - <i>Continuum</i> de Kendon..... | 71 |
| Figura 4 - Relação entre categorias fenomenológicas e a segunda tricotomia de Peirce..... | 86 |
| Figura 5 - Exemplo de <i>frame</i> | 96 |
| | |
| Figura 6 - Representação do objeto (conteúdo) e os signos (gesticulação) que nos permitirá a análise..... | 104 |
| Figura 7 - Frames 1e 2: primeiro contato dos estudantes com os materiais e o procedimento..... | 106 |
| Figura 8 - Frames 3 a 6: leitura do procedimento e coleta de reagentes..... | 107 |
| Figura 9 - Frames 7 a 10: realização das três medições e cálculo da média..... | 108 |
| Figura 10 - Frames 11 a 14: discussões a respeito das medidas obtidas e explicação do professor..... | 108 |
| Figura 11 - Frames 15 a 18: releitura do procedimento e nova medição..... | 109 |
| Figura 12 - Frames 19 e 20: cálculo da acidez total e verificação pelo professor..... | 110 |
| Figura 13 - Frames 01 a 04: preparação da solução de ácido clorídrico..... | 112 |
| Figura 14 - Frames 05 a 08: explicação da tarefa por A4 para A6 e início da Preparação..... | 113 |
| Figura 15 - Frames 09 a 13: preparação da solução por A6 e retorno para a bancada com o HCl..... | 114 |
| Figura 16 - Frames 14 a 17: coleta de reagentes..... | 117 |
| Figura 17 - Frames 18 a 21: auxílio do professor à coleta de reagentes..... | 118 |
| Figura 18 - Frames 22 e 23: coleta de reagentes pelo grupo..... | 120 |
| Figura 19 - Frames 24 a 27: coleta dos reagentes e água nos tubos de ensaio..... | 121 |
| Figura 20 - Frames 28 e 29: término da coleta e retorno à bancada..... | 122 |
| Figura 21 - Frames 30 a 34: análise das reações..... | 123 |
| Figura 22 - Frames 1 a 4: resolução do cálculo para encontrar a quantidade de matéria de hidróxido de sódio a ser coletada..... | 127 |
| Figura 23 - Frames 5 a 8: dissolução do hidróxido de sódio em água e transferência da solução para o balão volumétrico..... | 128 |
| Figura 24 - Frames 9 e 10: dissolução do hidróxido de sódio em água e transferência da solução para o balão volumétrico..... | 129 |
| Figura 25 - Frames 11 a 14: dissolução do hidróxido de sódio pelos estudantes do grupo 2..... | 132 |
| Figura 26 - Frames 15 a 18: transferência da solução para o balão volumétrico..... | 133 |
| Figura 27 - Frames 19 a 20: homogeneização da solução e explicação de A5 referente ao agitador magnético..... | 134 |
| Figura 28 - Frames 1 a 4: separação de materiais e reagentes para realização do experimento..... | 137 |
| Figura 29 - Frames 5 a 8: separação de materiais e reagentes para realização do experimento..... | 138 |
| Figura 30 - Frames 9 a 12: final da separação de materiais e reagentes e pesagem Do soluto..... | 139 |
| Figura 31 - Frames 13 a 16: dissolução do dicromato de potássio e adição de ácido sulfúrico à solução..... | 140 |

| | |
|---|-----|
| Figura 32 - Frames 17 a 20: adição de álcool etílico à solução de dicromato e ácido sulfúrico..... | 141 |
| Figura 33 - Frames 21 a 24: final da reação..... | 142 |
| Figura 34 - Quadro de resultados dos 16 alunos analisados de acordo com o conhecimento científico relacionado à experimentação..... | 148 |
| Figura 35 - Quadro de resultados dos 16 alunos analisados de acordo com outros conteúdos abordados não relacionados diretamente ao experimento..... | 148 |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 17 |
| 2.1 SEMIÓTICA | 17 |
| 2.1.1 Histórico do Pensamento Semiótico..... | 17 |
| 2.1.2 A Semiótica de Peirce..... | 27 |
| 2.1.3 A Fenomenologia de Peirce | 32 |
| 2.1.4 A Gramática Especulativa e os Signos | 36 |
| 2.1.5 Experiência Colateral..... | 37 |
| 2.2 MULTIMODALIDADE E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS | 42 |
| 2.2.1 Uma Forma de Representação: O Experimento na Relação com o Conteúdo | 51 |
| 2.2.2 O Papel do Laboratório Didático | 52 |
| 2.2.3 Atividades do Laboratório Didático e a Produção de Significados..... | 56 |
| 2.2.4 Gesticulação em Atividades Empíricas | 60 |
| 2.3 ESTUDO DOS GESTOS..... | 64 |
| 2.3.1 História dos Gestos..... | 64 |
| 2.3.2 A Comunicação Não Verbal e os Gestos | 70 |
| 2.3.3 Gestos como Recursos Semióticos..... | 77 |
| 2.3.4 Gestos nas Pesquisas em Educação Científica | 80 |
| 2.3.5 Transposição para Aplicações no Ensino de Química..... | 85 |
| 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 88 |
| 3.1 COLETA E AMOSTRA..... | 89 |
| 3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO..... | 90 |
| 3.2.1 Atividade 1 – Determinação de Acidez Total em Álcool Etílico..... | 90 |
| 3.2.2 Atividade 2 – Reações de Óxido-Redução..... | 92 |
| 3.2.3 Atividade 3 – Preparação de Solução de Hidróxido de Sódio..... | 93 |
| 3.2.4 Atividade 4 – Reação de Oxidação do Álcool Etílico pelo Dicromato de Potássio em Meio Ácido..... | 95 |
| 3.3 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DOS SIGNIFICADOS..... | 96 |
| 3.4 INSTRUMENTO DE ANÁLISE | 98 |
| 3.4.1 O Olhar sobre a Gesticulação | 98 |
| 3.4.2 A Semiótica Peirciana: uma Ferramenta de Base para a Análise da Gesticulação | 99 |
| 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS | 106 |
| 4.1 DISCUSSÃO E RESULTADOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS | 106 |
| 4.1.1 Atividade 1 - Determinação de Acidez Total em Álcool Etílico..... | 106 |
| 4.1.2 Atividade 2 – Reação de Óxido-Redução..... | 112 |
| 4.1.3 Atividade 3 – Preparação de Solução de Hidróxido de Sódio..... | 126 |
| 4.1.4 Atividade 4 – Reação de Oxidação do Álcool Etílico pelo Dicromato de Potássio em Meio Ácido..... | 136 |
| 4.2 DISCUSSÃO GERAL DOS DADOS | 146 |

| | |
|---|------------|
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 150 |
| REFERÊNCIAS | 153 |
| APÊNDICES | 162 |
| APÊNDICE A - Aspectos gerais dos conteúdos abordados nas atividades de ensino. | 163 |
| APÊNDICE B - Caderno de Bordo - Anotações da Pesquisadora..... | 170 |

1 INTRODUÇÃO

Segundo Kendon (2004), o estudo dos gestos é muito antigo. A atenção maior a eles deu-se no final do século XVI. No século XVII, cogitou-se a possibilidade de que eles pudessem formar a base da linguagem universal; no século XVIII, buscou-se a explicação para a origem da linguagem, entendendo-se que os gestos poderiam ser o meio a partir do qual ela foi formada.

Seu interesse teve um declínio, no final do século XIX, só voltando a ser revisto a partir de meados do século XX. Com o surgimento da tecnologia de gravação de áudio, a gravação sincrônica audiovisual e as informações tecnológicas, novos e fortes modelos gerais surgiram para análise do processo de comunicação, dentre eles o gesto, e a expectativa de poderosos e novos conjuntos de análise se apresentaram para o estudo da comunicação humana.

Os gestos dão importante informação sobre as pessoas que os realizam, sobre seu engajamento com os outros e sobre a natureza de suas intenções e atitudes. Eles fazem parte da comunicação não verbal, assim como as posturas corporais, singularidades somáticas, naturais ou artificiais, a organização de objetos e relação de distância entre os indivíduos, graças aos quais uma informação é transmitida (CORRAZE, 1982). As ações do corpo e da face aparentam sentimentos e emoções significativas na interação social.

Portanto, pode-se dizer muito a respeito do que pensam os estudantes, em aulas experimentais, por meio de suas gesticulações. Elas os auxiliam na elaboração de significados, permitindo a expressão de sentidos que podem ser estudados e analisados. A gesticulação materializa os abstratos conceitos científicos em ação, em procedimento concreto.

O laboratório é um espaço privilegiado de geração de um modo representacional que se concentra na esfera do sensível ou do corporal, modalidade esta que envolve, necessariamente, movimentação corporal, como gestos, ações e procedimentos experimentais que ativam modos de representação diferentes daqueles normalmente usados fora desse ambiente.

Os fenômenos dos processos de aprendizagem na aula de química mostram uma variedade de ações, dos estudantes e do professor, que utilizam diferentes recursos, como a linguagem verbal (oral ou escrita), os modos de

expressão extralinguísticos (gestos, olhares), diferentes tipos de inscrições (desenhos, esboços, gráficos), diversos instrumentos (do lápis aos dispositivos de tecnologia) e assim por diante, modos estes conhecidos como multimodos ou múltiplas representações. A multimodalidade faz parte da semiótica, sendo esta mais ampla. É por meio do uso de multimodos representacionais, como imagens, linguagem verbal (oral e escrita) e gráficos que professores ensinam os conteúdos, proporcionando melhores condições de aprendizagem aos estudantes.

A experimentação, especialmente no ensino de química, é um modo a mais, que permite acompanhar a relação de conceitos entre prática e conteúdo. As gesticulações dos estudantes foram os signos por nós utilizados para observação e análise dessa relação, com base em uma reinterpretação da semiótica de Peirce. Na relação emissor e receptor a gesticulação é um signo de natureza determinantemente não intencional. Ela se apresenta, basicamente, como um ato de autorreflexão e de pensamento interior em ação do emissor, sem que os signos expressos por ele sejam direcionados necessariamente para um receptor.

Nas duas últimas décadas, várias pesquisas em Educação Matemática e Científica (MCNEILL, 1992; MACHADO; MOURA, 1995; LEMKE, 1998; MACHADO, 2000; ROTH; WELZEL, 2001; ROTH; LAWLESS, 2002; KENDON, 2004; PICCININI; MARTINS, 2004; TYTLER et al, 2007; ROTH, 2007; WILLIAMS, 2009; GOLDIN-MEADOW; BEILOCK, 2010; PADILHA; CARVALHO, 2008; RADFORD, 2009; ARZARELLO et al., 2009; EDWARDS, 2009; KAPUT, 2009; MASCHIETTO; BUSSI, 2009; RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009; SFARD, 2009; KIM et al, 2011) vêm sendo desenvolvidas a partir de perspectivas teóricas provenientes da linguística, antropologia, psicologia e sociologia, tendo como base principal os estudos envolvendo a semiótica, com o intuito de melhor compreender os processos implicados no ensino e na aprendizagem das ciências e da matemática.

Como nosso objeto de estudos foram as gesticulações, perguntamos: quais os sentidos que as gesticulações dos estudantes transmitem em relação à aprendizagem dos conceitos envolvidos em atividades experimentais de química? Nesse contexto, o objetivo central da pesquisa foi o de interpretar as gesticulações dos estudantes no laboratório de química, baseando-nos numa reinterpretação da semiótica de Peirce. Para isso foi necessário descrever o desenvolvimento das atividades experimentais, fazer a análise dessas gesticulações, produzidas pelos

estudantes durante a aula e, depois disso, interpretar as gesticulações efetuadas no decorrer da atividade.

A partir de uma reinterpretação da semiótica peirciana, construímos o nosso instrumento de análise, denominando as gesticulações de *Gesticulação Icônica*, *Gesticulação Indicial* e *Gesticulação Simbólica*. Esses signos nos permitiram classificar os estudantes em categorias de *Primeiridade*, *Secundidade* e *Terceiridade*. Para isso levamos em consideração a experiência colateral do estudante, que “constitui o pré-requisito para conseguir qualquer ideia significada do signo. Observação colateral refere-se à intimidade prévia com aquilo que o signo denota.” (PEIRCE, C.P. 8.179)¹.

Buscando avançar nas pesquisas a respeito dos gestos no ensino de química, no Capítulo 2 tratamos dos fundamentos teóricos utilizados na tese, fazendo uma retrospectiva a respeito do pensamento semiótico desde a Grécia antiga até o século XX, preocupando-nos mais intensamente com a semiótica de Peirce e em sua fenomenologia, visto ser esta a referência para a construção do nosso instrumento de análise.

Ainda neste capítulo, discutimos a teoria das múltiplas representações, que destaca o experimento como uma forma de representação voltada para as atividades de ensino e aprendizagem; o papel do laboratório didático no ensino de química e introduzimos um estudo a respeito dos gestos, destacando a história do interesse científico por eles. Continuamos com uma revisão sobre a comunicação não verbal e os gestos como recursos semióticos; as pesquisas em educação científica e, por último, as aplicações dos gestos no ensino de química.

No capítulo 3, apresentaremos os procedimentos metodológicos da pesquisa, o procedimento para análise das gesticulações, com a construção do instrumento de análise com base na reinterpretação da semiótica peirciana.

No capítulo 4, trazemos a apresentação e a discussão dos dados, descrevemos as gesticulações dos estudantes participantes da pesquisa em cada atividade aplicada, seguidas da nossa análise e interpretação, no final do capítulo fizemos nossa análise dos resultados.

¹As citações de Peirce, do *Collected Papers*, serão identificadas com CP e os números se referem, respectivamente, ao volume e aos parágrafos no texto digital.

No último capítulo da tese, tecemos nossas considerações finais, fazemos uma retomada do percurso da pesquisa procurando refletir sobre os resultados, obtidos à luz da fundamentação teórica utilizada, apresentando algumas conclusões e implicações para o ensino de química.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 SEMIÓTICA

Neste momento, passaremos a discutir a Teoria Geral dos Signos, formulada por Charles Sanders Peirce (1839-1914). Primeiramente, faremos um breve histórico acerca das principais contribuições de filósofos e estudiosos do campo da linguagem para depois situarmos o trabalho de Peirce e aplicarmos, com base numa reinterpretação da sua teoria semiótica, um modelo para análise da gesticulação dos estudantes numa aula de laboratório de química.

2.1.1 Histórico do Pensamento Semiótico

Uma vez que são várias as correntes semióticas, o que pretendemos aqui é realizar um breve histórico do pensamento semiótico, que, de acordo com Nöth (1995), teve seu início na Grécia antiga, precisamente na medicina. Como forma de diagnosticar as enfermidades através dos seus sintomas, os médicos interpretavam as doenças por meio de suas expressões sígnicas.

O médico grego Galeno de Pérgamo (139-199) foi quem se referiu a esse estudo dos sintomas como a parte semiótica da medicina. Na etimologia do termo semiótica deparamo-nos com um traço advindo do grego, cujo vocábulo nos remete a *semeíon*, que significa “signo”, e *sema*, que pode ser traduzido por “sinal” ou também “signo”. Na medicina, a semiótica estuda os signos ou sintomas da evolução da doença nas pessoas. Esse foi um dos primeiros registros da vinculação entre signo e interpretação.

Nöth (1995) relata que existiu uma semiótica *avant la lettre*, caracterizada como a doutrina do signo e, mesmo sem ter recebido o nome de semiótica, foi se fortalecendo ao longo dos séculos na filosofia greco-romana. Os primeiros passos da semiótica foram trilhados, quando os filósofos abordaram questões como *signo*, *língua*, *ideias* e *representações* para aprimorarem seus discursos.

A semiótica, portanto, apesar de ser uma ciência jovem, aplicada às ciências naturais, é uma área de estudos antiga, com origens em grandes pensadores, como Platão (427-347), que tratou vários aspectos da teoria dos signos,

definiu significação e criou um modelo de signo com uma estrutura triádica, no qual podemos distinguir três componentes: o nome (*ónoma, nómos*), a noção ou ideia (*eîdos, lógos, dianóema*) e a coisa (*prágma, ousía*) à qual o signo se refere (NOTH, 1995).

Na Idade Média, Aristóteles (384-322) traçou uma distinção entre o signo incerto (*semeíon*) e o signo certo (*tekmérion*) e discutiu a teoria dos signos no âmbito da lógica e da retórica, isto é, definiu o signo como uma relação de implicação. Além disso, Aristóteles descreveu o signo como uma premissa que conduz a uma conclusão. Também, “chamou o signo linguístico de ‘símbolo’ (*symbolon*) e o definiu como um signo convencional das ‘afecções da alma’. Descreveu essas afecções como ‘retratos’ das coisas (*prágmata*)” (NÖTH, 1995, p.29). As “afecções” seriam alterações no modo de reagir a impressões, como a raiva, a piedade, a esperança, a alegria, o amor e o ódio, ou seja, a percepção e o pensamento.

Para os Estóicos (ca. 300 a.C. – 200 d.C.), a base da teoria dos signos era um modelo triádico, formado pelo significante, que é a entidade percebida como signo (entidade material), o significado (entidade ideal, não-corporal) e o objeto ao qual o signo se refere (entidade material). Os Epicuristas (ca.300) defendiam um modelo diádico do signo, em que o signo é composto somente por duas partes: o significante e o objeto referido, sendo o significado imaterial do signo não reconhecido como componente semiótico deste. As contribuições mais interessantes dos epicuristas à história da semiótica, de acordo com Nöth (1995), foram duas. A primeira foram as reflexões zoosemióticas, segundo as quais a semiose não pressupõe combinações lógicas, e a segunda foram as especulações sobre a origem gesticular da língua.

Aurélio Agostinho (354-430), no campo da semiótica, é considerado o impulsionador de um movimento chamado Alegorismo, visão semiotizada do universo, em que cada efeito é tomado como signo da sua causa. Representa uma maneira simbólica de olhar para o universo, não por aquilo que aparece, mas por aquilo que poderia sugerir. Fidalgo e Gradim (2004/2005) argumentam que as obras mais importantes para conhecer a teoria da linguagem de Agostinho são *De Magistroe De Doctrina Christiana*. Em *De Magistro*, segundo Fidalgo e Gradim (2004/2005, p.32), Agostinho estabelece o estatuto do signo, no qual “as palavras

são signos das coisas; nem todos os signos são palavras; e não podem ser signos coisas que nada significam” e, em *De Doctrina Christiana*, estabelece que:

[...] os signos são o meio por excelência de aprendizagem e expressão [...] de qualquer realidade material capaz de apresentar uma outra realidade distinta de si ao intelecto, estando o signo numa relação de substituição com a coisa significada (FIDALGO; GRADIM, 2004/2005, p.33).

Ou seja, Agostinho concorda com a teoria dos epicuristas de que “signo é um fato perceptivo que representa alguma coisa atualmente não perceptível”, mas, em sua definição do signo, “seguiu os estóicos e acentuou o papel da interferência mental no processo de semiose” (NÖTH, 1995. p.32). Além disso, Agostinho fez a distinção dos signos em naturais e convencionais. Para ele, os signos produzidos sem intenção de uso como signo são os naturais. Segundo Nöth, um exemplo desse signo natural seria a “fumaça como índice de fogo” (NÖTH, 1995. p.32). Já os signos que os seres vivos trocam mutuamente para demonstrar sentimentos da mente são os convencionais.

Na Idade Média, a Semiótica desenvolveu-se no interior do escolasticismo (teologia e filosofia medievais) e das artes liberais: gramática, retórica e dialética. Importantes, na semiótica medieval, são os temas *nominalismo* e *realismo*. É nesse período que se estabelece a distinção entre denotação e conotação e quando uma teoria da representação começou a estudar as funções semióticas de signos, símbolos e imagens.

O signo é a representação de algo, o símbolo é convencionado e a imagem é a ideia formada por meio do símbolo. Por exemplo, uma placa de trânsito em que aparece um caminhão com uma barra transversal sobre ele é um signo, esse é símbolo, pois existe uma convenção que forma a ideia de que é proibido a circulação de caminhão e essa ideia forma a imagem da situação. Nöth (1995) nos fala que Roger Bacon (1215-1294), autor de o tratado *De Signis*, John Duns Scot (1270-1308) e William de Ockham (1290-1349) foram semioticistas escolásticos de grande importância e que Peirce foi leitor assíduo de suas obras.

O apogeu das ideias semióticas dessa época fica evidenciado na obra de João de São Tomaz, também conhecido como Jean Poinsot (1589-1644). De acordo com Fidalgo e Gradim (2004/2005), foi João de São Tomás, em seu livro *Tractatus de Signis* (Tratado dos Signos), de 1632, o “autor do primeiro tratado de semiótica

de que há notícia”. Ele foi um dos filósofos a considerar que “todos os instrumentos dos quais nos servimos para a cognição e para falar são signos.” (NÖTH, 1995, p. 36).

Nöth afirma que tal definição contém dois elementos de grande interesse para a teoria dos signos: primeiro, o signo é visto como um instrumento, ou seja, um elemento por meio do qual são produzidos e manifestados sentidos; segundo, fica evidente que o processo do conhecimento (significação) ocorre sempre por intermédio de signos. Esses dois elementos foram, mais tarde, desenvolvidos por Peirce.

A semiótica dos séculos XVII e XVIII desenvolveu-se no ambiente iluminista de três grandes correntes filosóficas: o racionalismo francês, na figura de René Descartes (1596-1650), o empirismo britânico de Locke (1632-1704) e o iluminismo, na Alemanha, com Christian Wolff (1679-1754) e Heinrich Lambert (1728-1777). No racionalismo francês (século XVII), foram desenvolvidas muitas ideias para o futuro da semiótica. René Descartes, com a teoria das ideias inatas, imprimiu na ciência a ideia de que a prioridade era do intelecto sobre a experiência.

Como consequência, ocorre o alijamento do aspecto referencial da teoria dos signos, que ficou sem seu elo com o mundo aparente, e o processo semiótico foi descrito em categorias mentais de modelo diádico de signo, ou seja, o signo compreende duas ideias, uma da coisa que representa (significado) e a outra da coisa representada (significante). Esse modelo exerceu grande influência na semiótica de Saussure, no qual o significante de um signo verbal pode ser um som ou uma marca de lápis num papel branco, como também uma imagem acústica ou visual da palavra escrita ou falada (NÖTH, 1995, p.42).

Locke foi a figura principal da semiótica no empirismo britânico. Ele descreveu os signos em dois níveis semióticos: aqueles das ideias, que representam as coisas na mente do contemplador, e o das palavras, os signos das ideias do emissor, ou seja, representam as ideias na mente da pessoa que as utiliza. Palavras, para Locke, seriam signos de signos. Mas, de acordo com Nöth (1995), as ideias, geralmente, não são independentes das palavras que as designam. A significação das palavras vem das percepções das coisas e também do sistema de linguagem, que gera as diferenças entre as palavras e não apenas das percepções das coisas, como sugeriu Locke.

Como exemplo de relação entre ideia e palavra, Saussure propõe a imagem da relação indissociável entre o verso e o anverso de uma folha. No verso, temos o significado, ou a ideia de Locke, e no anverso, o significante, ou a palavra de Locke. Não se pode separar o verso do anverso da folha sem que se perca o conjunto (NÖTH, 1995, p.45).

A semiótica do iluminismo alemão teve início com a teoria dos signos de Cristian Wolff, na obra *Philosophia Prima*, na qual escreveu um capítulo denominado *De Signo*, e com Johann Heinrich Lambert, seu primeiro tratado da teoria geral do signo, *Semiótica* (1746). Por meio deles, se chegou à constatação de que a correspondência entre signo e mundo era o critério semiótico principal para duas formas de expressão cultural tantas vezes considerada contrárias, a ciência e a arte. Lambert indicou a cognição simbólica como “instrumento indispensável do pensamento” para um tema típico da semiótica do iluminismo: o papel dos signos na clarificação das ideias obscuras.

Ele distinguiu quatro tipos de signos: os naturais, os arbitrários, as meras imitações e as representações. Os signos arbitrários e naturais fundem-se a uma categoria semiótica chamada por Lambert de “signos necessários”. Ele também usou critérios de investigação como arbitrariedade, motivação, necessidade, sistematicidade e autenticidade dos signos para explorar dezenove sistemas sógnicos, como notas musicais, gestos, hieróglifos, signos químicos, astrológicos, heráldicos, sociais e naturais. Os “sistemas sógnicos alcançaram graus diferenciados de aproximação à realidade”, sendo que o “mais alto coincide com os signos científicos” (ibid, p.52). Outro filósofo que se destacou no iluminismo alemão foi Gottfried Herder (1744-1803) por enfatizar explicitamente as afinidades entre poesia e linguagem científica ideal.

O símbolo e imagem são as noções centrais da semiótica no período do romantismo (século XIX), sendo Hegel (1770-1831) um dos grandes filósofos que definiram as fronteiras semióticas, introduzindo distinções entre signos e símbolos. Ele acreditava que o símbolo era diferente de outros signos e que, pela sua própria natureza, o símbolo era a percepção do conteúdo que se manifestava, já nos outros signos, o conteúdo perceptivo e o conteúdo do significado não têm relação alguma. Hegel considerava que, com os signos arbitrários, a inteligência era “mais leve e tinha melhor controle no uso e na percepção” (ibid, p.56).

Ainda no século XIX temos Wilhelm Von Humboldt (1767-1835), Bernard Bolzano (1781-1848) e Lady Victoria Welby (1837-1912) de acordo com Nöth (1995). Humboldt foi uma figura central para a semiótica da linguagem. Uma ideia que advém dele é a influência das diferenças estruturais entre as várias línguas do mundo a respeito da cognição humana, chamada de *Princípio da Relatividade Linguística*. Bolzano (1837), em seu Tratado sobre a Doutrina dos Signos, continua a tradição da semiótica e investiga a respeito do “aperfeiçoamento ou utilidade dos signos”, relacionando nove vantagens do uso dos signos na descoberta da verdade e treze regras para o uso da invenção de signos (NÖTH, 1995, p.56). Lady Welby ficou conhecida pela sua correspondência com Charles S. Peirce e pelos livros *What is meaning* (1903) e *Significs and Language* (1911). A ciência do significado e da comunicação, denominada por ela de *Significs* deixou certa influência até meados do século XX.

Como visto, a semiótica é uma área de estudos antiga com origem nos Gregos, em grandes pensadores, como Platão e Aristóteles; na Idade Média, com Santo Agostinho, Roger Bacon, São Tomás, passando pelos estudos dos filósofos do século XVII e XVIII, com René Descartes, John Locke e sua doutrina dos signos, com Christian Wolff e Johann Heinrich Lambert, autor de tratado intitulado *Semiotik*, até, finalmente, chegar ao século XIX com Hegel e florescer com três grandes expoentes dessa ciência: Ferdinand Saussure (1857-1913) e seguidores como Louis Trolle Hjelmslev, Lúri Mikháilovitch Lotman e Mikhail Mikhailovich Bakhtin, na Europa; Roman Jakobson (1896-1982) e seguidores como Claude Lévi-Strauss, Roland Barthes e Algirdas Julien Greimas, na antiga União Soviética e Charles Sanders Peirce (1839-1914), nos EUA. Ainda que adotemos os estudos de Peirce neste trabalho, essas duas outras vertentes merecem uma explanação.

Na Rússia revolucionária, Roman Jakobson dá origem ao estruturalismo linguístico soviético, estudos da poética e a movimentos e pesquisas em trabalhos artísticos de vanguarda. Esse pensador russo se tornou um dos maiores linguistas do século XX e pioneiro da análise estrutural da linguagem, poesia e arte. Comparou culturas e distinguiu seis funções de linguagem, relacionando cada uma delas a um componente do processo comunicativo. Dedicou-se ao estudo de temáticas variadas, buscou compreender a finalidade do uso da língua, ou seja, sua função na comunicação estabelecida entre o remetente e o destinatário, tendo como principal

objetivo definir o lugar da função poética em relação às demais funções da linguagem.

O substrato semiótico do trabalho de Jakobson aparece em seus temas de pesquisa, na sua visão da linguística como parte da semiótica e nos princípios básicos de seu estruturalismo dinâmico. O interesse de Jakobson foi além da linguagem e das artes verbais, cobrindo amplos campos semióticos da cultura e estética. Ele contribuiu para a semiótica aplicada com trabalhos sobre música, pintura, filme, teatro e folclore, e, também, para as questões fundamentais da semiótica, como os conceitos de signo, sistema, código, estrutura, função, comunicação e história da semiótica. Foi um dos primeiros estudiosos a descobrir a relevância da semiótica de Peirce para a linguística (NÖTH, 1996, p.111).

Louis Trolle Hjelmslev (1899-1965), linguista dinamarquês, fundou uma escola radical de linguística estruturalista conhecida como *glossemática* ou a Escola de Copenhague (NÖTH, 1996, p.55). O estudo semiótico mais influente de Hjelmslev, segundo NÖTH (1996), foi a obra *Omkring sprogteoriens grundlaeggelse*, de 1942. Hjelmslev ficou conhecido por ser o proponente do termo *glossemático* para definir a classificação e o estudo dos *glossemas*, menores unidades linguísticas que serviriam de suporte a uma significação. Foi precursor das modernas tendências linguísticas. Os modelos sígnico e linguístico, bem como os conceitos de estrutura, texto e sistema de Hjelmslev tiveram influência considerável em desenvolvimentos posteriores da semiótica geral. Sua “teoria da conotação é o fundamento de uma teoria glossemática da literatura e da estética.” (NÖTH, 1996, p.55).

Lúri Mikháilovitch Lotman (1922-1993), semioticista russo, estudioso da literatura e cultura, além dos estudos de literatura russa, na década de 1960, se interessou cada vez mais pelos conceitos do estruturalismo em geral e pela nova ciência formada com base neles, a semiótica (AMÉRICO, 2012). Ele fundou e liderou a Escola Semiótica de Tártu-Moscú e teve a colaboração de autores importantes, tais como: Vladímir Toporov, Borís Uspiénski, Viatcheslav Ivánov, Eleazar Meletínski e Serguei Nekliúdob, entre outros. Tratava-se de uma interação constante entre especialistas de diferentes áreas, como linguística, estudos literários, folclorística, culturologia e até mesmo ciências exatas.

Segundo Machado (2003), foi explorando fronteiras de vários campos semióticos do conhecimento, na Escola de Tartú-Moscú, que se desenvolveram os princípios da Linguística, da Teoria da Informação e da Comunicação, da

Cibernética e, evidentemente, da Semiótica. O Departamento e a Escola de Tártu-Moscú permitiram uma considerável experiência a Lotman: como professor universitário (o primeiro) e a vivência de uma interdisciplinaridade enriquecedora com colegas semioticistas (a segunda). Em seu livro, *The Universe of Mind*, Lotman desenvolve o conceito de *semiosfera*, ou seja, o universo dos sistemas sígnicos da cultura. Essa publicação em inglês proporcionou a Lotman reconhecimento no exterior (AMÉRICO, 2012).

Segundo Machado (2003) Mikhail Mikhailovich Bakhtin (1895-1975) tinha preocupação com a natureza da linguagem, literária ou não. Foi filósofo, pensador e teórico dos gêneros literários. Trouxe à tona conceitos importantes como o de *polifonia* e de *dialogismo*, que ficaram célebres como marcas do seu pensamento. Devemos a Bakhtin a noção de encontro dialógico entre culturas como forma de enriquecimento mútuo. Para Bakhtin, toda cultura, pelo simples fato de ser uma unidade aberta, tem como indicativo próprio a interação, conduzir sua ação em direção a outra, ou seja, elas não se enfrentam, mas cooperam, dialogam. Essas formulações se tornaram fundamentais para o desenvolvimento da ideia de tradução da tradição, como mecanismo semiótico para compreender a intervenção semiótica na cultura, que se manifesta por meio de signos variados na dança, literatura, pintura e música.

Esses sistemas culturais foram chamados de modelizantes e estavam convencionados sobre a linguagem natural, com seus signos verbais e não verbais, passando a ser matéria prima para a elaboração e/ou criação daqueles. Desse modo, “Modelizar é traduzir e construir sistemas de signos a partir do modelo da língua natural, transformando o não texto em texto” (MACHADO, 2003, p.51). O conceito de modelização passa a ser visceral da semiótica da cultura (CURVELO, 2013).

Paralelamente a toda a empreitada russa, surgia, em Genebra, no final do século XIX, o Curso de Linguística Geral, de Ferdinand de Saussure, obra publicada postumamente. Linguista e filósofo suíço, Saussure desenvolveu o modelo diático, que deu origem ao estruturalismo. O foco desse autor estava na compreensão da língua, dentro de um sistema de possibilidades de escolha, portanto, de articulações entre pares, como língua e fala, sincronia e diacronia, significante e significado. O livro, amplamente debatido na Europa, teve seus estudos retomados por Hjelmslev, com aplicações que repercutiram na Antropologia e na Teoria Literária. Essa

linguística saussuriana ficou conhecida como Semiologia, que é a ciência da linguagem verbal. Alguns grandes autores estão vinculados a ela, como Roland Barthes, Umberto Eco, A. J. Greimas, entre muitos outros linguistas.

Antropólogo francês e um dos grandes pensadores do século XX, Claude Lévi-Strauss (1908-2009) é considerado o fundador da antropologia estruturalista. O termo estruturalismo foi, gradativamente, substituído pelo termo semiótica estruturalista. Segundo Nöth (1996), os princípios do seu estruturalismo derivaram da linguística estrutural, principalmente de Jakobson, portanto, “Lévi–Strauss não é somente um ‘pai’, mas também ‘um filho’ do estruturalismo.” (NÖTH, 1996, p.125). Lévi-Strauss enfatizou o caráter inovativo da abordagem estruturalista nas ciências humanas, afirmando que o erro da antropologia tradicional foi não considerar as relações entre os termos e sim os termos (ibid, p.126).

Lévi-Strauss aplicou os princípios analíticos a vários fenômenos antropológicos como totemismo, ritos, costumes, regras matrimoniais e padrões de parentesco. Aplicou a analogia estrutural entre linguagem e cultura aos seus estudos por meio da música, arte, mito, ritual, religião e cozinha de diferentes sociedades. Entre suas obras estão *O Pensamento Selvagem* (1970), *Antropologia estrutural* (1958) e *As estruturas elementares do parentesco* (1949). Lévi-Strauss integrou a missão universitária francesa no Brasil de 1935 a 1939, como professor de sociologia da Universidade de São Paulo. Como resultado de seus estudos nas regiões centrais do Brasil, publicou o livro *Tristes Trópicos* (1955), no qual registrou o resultado das expedições a respeito dos índios brasileiros. Este livro lhe deu reconhecimento internacional.

A partir de raízes estruturalistas e pós-estruturalistas o desenvolvimento da semiótica fica evidente nos trabalhos de Roland Barthes (1915-1980). Foi um propagador do programa semiológico de Saussure. Barthes contribuiu para a semiótica do mito, da literatura, da narrativa e dos textos bíblicos. Para a semiótica da comunicação visual contribuiu com estudos a respeito da arquitetura, imagem, pintura, cinema e propaganda, e, também, contribuiu para a semiótica da medicina.

O conceito de conotação, segundo Nöth (1996), inspirado na teoria de Hjelmslev, foi a essência para as primeiras análises semióticas de Barthes na abordagem da cultura de massas e da literatura. No seu estudo *Mitologias* (1957), em sua crítica cultural e literária, Barthes empregou o conceito de *semiótica conotativa* para revelar as mais variadas significações ocultas em textos, trabalhou

com distinção entre um nível primário e secundário da significação, sendo esta útil para a análise semiótica da cultura. Definiu os sistemas de significações secundárias – oriundos de um sistema primário de linguagem – como mito e descreveu esta jurisdição das conotações como uma ideologia (NÖTH, 1996).

Em *Elementos de semiologia* (1957), Barthes propôs um programa para a pesquisa sistemática de elementos semióticos não linguísticos como automóveis, arquitetura, mobília, comida e vestuário. Com o livro *Sistema de Moda* (1967), Barthes fez um estudo de sistemas sígnicos mais detalhados para além da linguagem e da literatura. Atinge o clímax do seu trabalho semiótico dentro do paradigma estruturalista. A partir disso, abandona os princípios estruturalistas para publicar trabalhos como um pós-estruturalista (NÖTH, 1996). Seus estudos continuaram a ter grande influência na área da semiótica textual.

Algirdas Julien Greimas (1917-1992) foi um dos semioticistas mais fiéis aos princípios da análise estrutural. Em *Semântica Estrutural* (1966), introduziu uma semiótica extremamente influente e produtiva, que se tornou o fundamento semiótico da Escola de Paris (NÖTH, 1996, p.63). A influência das ideias de Greimas, segundo Nöth (1996), foi notável em diversas áreas da semiótica, desde a semiótica do espaço e da arquitetura, a semiótica da pintura, teologia, direito e ciências sociais até a ciência da documentação. Duas fontes da semiótica de Greimas foram o estruturalismo linguístico de Hjelmslev e a antropologia estrutural de Lévi-Strauss, aplicadas à análise de texto.

Seu objetivo de pesquisa era o estudo do discurso, baseado na ideia de que uma estrutura narrativa se manifesta em qualquer tipo de texto. *Sémantique structurale* (1966) foi a primeira elaboração semiótica linguística para a Escola de Paris. Ela foi baseada na lexicologia estrutural e teve como objetivo a análise semântica de estruturas textuais. Numa série de ensaios publicados em livros, como *Du sens* (1970), *Sémiotique et science sociales* e *Maupassante: La sémiotique du texte* (1976), *Du sens II* (1983) e *Semiótica das paixões* escrito em parceria com Fontanille (1993), Greimas continuou seu projeto semiótico se opondo ao conceito de semiótica como uma teoria dos signos.

Para Greimas a “semiótica deveria ser uma teoria da significação, que somente se torna operacional quando situa sua análise em níveis tanto acima como abaixo do signo” (GREIMAS; COURTÉS, 1979 apud NÖTH, 1996, p.165). Um novo modelo semiótico da constituição do texto foi criado por Greimas, denominado de

Percurso Gerativo da semiótica textual com o objetivo de explicar a geração de discursos de qualquer sistema semiótico (NÖTH, 1996, p.166). Somente na era moderna, a partir dos anos 1950, houve uma sistematização mais apropriada desses estudos, em razão do desenvolvimento dos meios impressos, do cinema e das expressões artísticas.

Peirce é, sem dúvida, um dos mais importantes fundadores da moderna semiótica geral. Enquanto na Semiologia linguística, de origem saussuriana, o signo é a união do sentido e da imagem acústica, concebendo-se uma relação diádica entre *significado* e *significante*, na semiótica de Peirce, a concepção de signo é triádica, pois parte da condição do objeto, de sua representação, que é o signo, e do representante, para quem o signo vai fazer sentido. Passamos, então, a tratar da Semiótica de Peirce, base da análise de nossa pesquisa.

2.1.2 A Semiótica de Peirce

Quase que simultaneamente, em lugares diferentes, a Semiótica teve três origens distintas e temporalmente sincronizadas: nos EUA, na antiga União Soviética e na Europa Ocidental, impulsionadas a partir da Revolução Industrial, cuja difusão de informações e mensagens de toda a ordem, e a consciência das linguagens, surge a necessidade de estudá-las, uma “consciência semiótica” (SANTAELLA, 2007, p.15).

Charles Sanders Peirce era filho do mais importante matemático da Universidade de Harvard, Benjamim Peirce. Convivia em um ambiente de intelectualidade, já que em sua casa se reuniam os mais renomados artistas e cientistas. Aos seis anos de idade, Peirce era químico, aos onze anos escreveu uma história da química e se bacharelou no curso de Química na Universidade de Harvard (SANTAELLA, 2007).

Peirce era também matemático, físico, filósofo, psicólogo e, além de estudar Biologia e Geologia, se dedicou à linguística, filologia e história. Falava diversas línguas e ainda realizou estudos em Arquitetura. Era grande conhecedor de Literatura, fez pesquisas em Astronomia e ciências correlatas, tendo também trabalhado como engenheiro químico. Jamais deixou de ser um cientista, produzindo contribuições não só na Matemática, como também em outras ciências.

Sua grande e irresistível paixão foi a Lógica, que se tornou o ponto de união de todas as áreas de estudo de Peirce, na sua condição de cientista. Seu interesse estava na lógica das ciências e, sendo um estudioso das várias ciências, conhecia as diferenças e similaridades entre uma e outra, relacionando seus métodos de raciocínio, variáveis no decorrer do tempo, entre as ciências ou dentro dela mesma. Durante 60 anos, Peirce lutou para validar a lógica como ciência. Segundo Santaella (2007), todo o tempo em que Peirce foi um cientista também foi um filósofo que ousou elevar o espírito da investigação com seus métodos, formas de experimentação e questões científicas para dentro da Filosofia, sendo sua maior tentativa epistemológica vincular Lógica e Filosofia.

Segundo Santaella (2007), Peirce, entre os 12 e 13 anos, em certo dia, pegou uma cópia da Lógica de Whateley, no quarto do irmão mais velho, e perguntou-lhe o que era Lógica. Recebendo uma resposta simples, jogou-se no assoalho e leu avidamente o livro. Desde esse dia, passou a estudar matemática, ética, metafísica, anatomia, termodinâmica, ótica, gravitação, astronomia, psicologia, fonética, economia, a história da ciência, jogo de cartas, homens e mulheres, vinho, metrologia, sempre como um estudo de Semiótica (SANTAELLA, 2007).

“A semiótica estuda o mundo das representações e da linguagem” (NICOLAU, 2010, p.2). Para Peirce (CP, 1994), a Semiótica é a ciência dos signos e este signo é algo (A) que denota alguma coisa (B) para alguém (C). Peirce parte do axioma de que a cognição, as ideias e inclusive o homem são essencialmente entidades semióticas. Tudo o que refletimos tem um passado, assim, um signo, uma ideia se refere a outras ideias e objetos (CP, 5.253, p.1003). Segundo Peirce, não há nenhum elemento, qualquer que seja, da consciência humana que não tenha algo que corresponda à ideia ou signo, pois estes são próprios do homem. Assim, como o fato de que cada pensamento é um signo, e que a vida é uma linha de pensamento, prova que o homem é um signo (CP, 5.314, p.1020). Em sua interpretação, os signos permeiam o mundo ou, talvez, este seja composto exclusivamente de signos.

Nicolau et al.(2010, p.2-3) esclarece essa ideia de Peirce com o seguinte exemplo:

Imagine que você vem por uma estrada e bem adiante algo chama sua atenção. Um borrão vermelho que se movimenta. Algo cuja qualidade inicial é ser vermelho e isso é tudo o que você capta dele em um primeiro momento. Ao se aproximar começa a visualizar que o vermelho se agita como um pano. Essa é a segunda característica que você consegue identificar: a relação do vermelho com um pano em movimento. Por fim,

mais próximo do objeto, você desvenda sua dúvida: alguém agita uma bandeira vermelha na beira da estrada compreendida imediatamente como sendo um aviso de que há perigo mais adiante. É desse modo que nos situamos no mundo em nossa volta: primeiro os objetos surgem em nossa mente como qualidades potenciais; segundo, procuramos uma relação de identificação e terceiro, nossa mente faz a interpretação do que se trata. Por isso a Semiótica se baseia numa tríade de classificações e inferências, ao demonstrar que existem os objetos no mundo.

Para Peirce, é dessa maneira que reconhecemos e interpretamos o mundo à nossa volta. Primeiro, como coisas que se apresentam à nossa mente, sem referência a outra qualquer, como uma mera possibilidade, uma qualidade potencial. Segundo, relacionamos a outra coisa, procurando uma relação de identificação, e terceiro, nossa mente faz a interpretação dessa relação, uma síntese do que se trata. São três as categorias necessárias para organizar o pensamento, segundo Peirce, e se baseiam numa tríade de classificações e inferências para demonstrar que existem os objetos no mundo, suas representações, em forma de signos, e nossa interpretação mental desses objetos.

Signo é algo que denota alguma coisa para alguém, é aquilo que está no lugar de algo. Segundo Peirce (1977, p.46):

Signo ou representamen é tudo aquilo que sob um certo aspecto ou medida, está para alguém em lugar de algo Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa, um signo equivalente ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de ideia que eu, por vezes, denominei fundamento do representamen.

Essas três entidades: signo, objeto e interpretante, formam a relação triádica de signo. A semiótica busca discernir e deslindar a ação de signo. O signo é a função do objeto, do *representamen* e do interpretante no processo de semiose, dessa forma tem sua existência na mente do receptor e não no mundo exterior (NÖTH, 1995). Assim, é da natureza de um signo ser interpretado como signo, pois, se assim não for, nada é signo (PEIRCE, 1977).

Semiose e Semiótica são coisas distintas. Para Peirce (CP, 5.484), a semiose é a ação do signo, é o “processo no qual o signo tem um efeito cognitivo sobre o intérprete”. A semiótica é um enunciado teórico sobre os fenômenos semióticos, ou seja, a semiose é o objeto de estudo da semiótica (NÖTH, 1995). A semiótica como ciência estuda toda e qualquer linguagem, seja ela verbal ou não

verbal, e seu objeto de estudo é a análise de todo e qualquer fenômeno que seja capaz de produzir significação e sentido.

As diversas facetas que a análise semiótica apresenta podem nos levar a compreender qual é a natureza e quais os poderes de referência dos signos, que informação transmitem, como eles se estruturam em sistemas, como funcionam, como são emitidos, produzidos, utilizados e que tipo de efeitos são capazes de provocar no receptor. Ela não é “uma chave que abre para nós milagrosamente as portas de processos de signos cuja teoria e prática desconhecemos” (SANTAELLA, 2005, p.6).

Ela funciona como um mapa lógico, que traça a linha dos diferentes aspectos a partir dos quais uma análise deve ser conduzida, mas não nos traz conhecimento específico da história, teoria e prática de um determinado processo de signos. Sem conhecer a história de um sistema de signos e do contexto sociocultural em que ele se situa não se pode detectar as marcas que o contexto deixa na mensagem.

Santaella (2007) ressalta que a semiótica peirciana não é uma ciência especializada, cujo objeto de estudo é delimitado. Em razão do caráter extremamente geral e abstrato, as teorias semióticas seriam extraídas de forma empírica e utilizadas em pesquisas aplicadas. Essas teorias constituem-se como membro da tríade das ciências normativas, estética, ética e lógica ou semiótica, que tem a fenomenologia como base fundamental para qualquer ciência. A criação de categorias é trabalho da fenomenologia, que tem por função realizar as análises de todas as experiências possíveis, e, por meio delas, postular as formas ou propriedades universais desses fenômenos (SANTAELLA, 2007).

A semiótica, concebida como uma lógica, em sentido mais amplo, apresenta basicamente três ramos: o da *gramática especulativa*, a *lógica crítica* e a *metafísica*. A gramática especulativa, primeiro ramo, estuda todos os tipos de signos e os tipos de interpretação que eles podem produzir. Este domínio se subdivide em três níveis: a relação do signo com ele mesmo (o seu poder de significar), com seu interpretante (tipos de interpretação que ele tem o potencial de despertar nos seus usuários) e com seu objeto (aquilo que se refere ou representa), este considerado o mais importante deles.

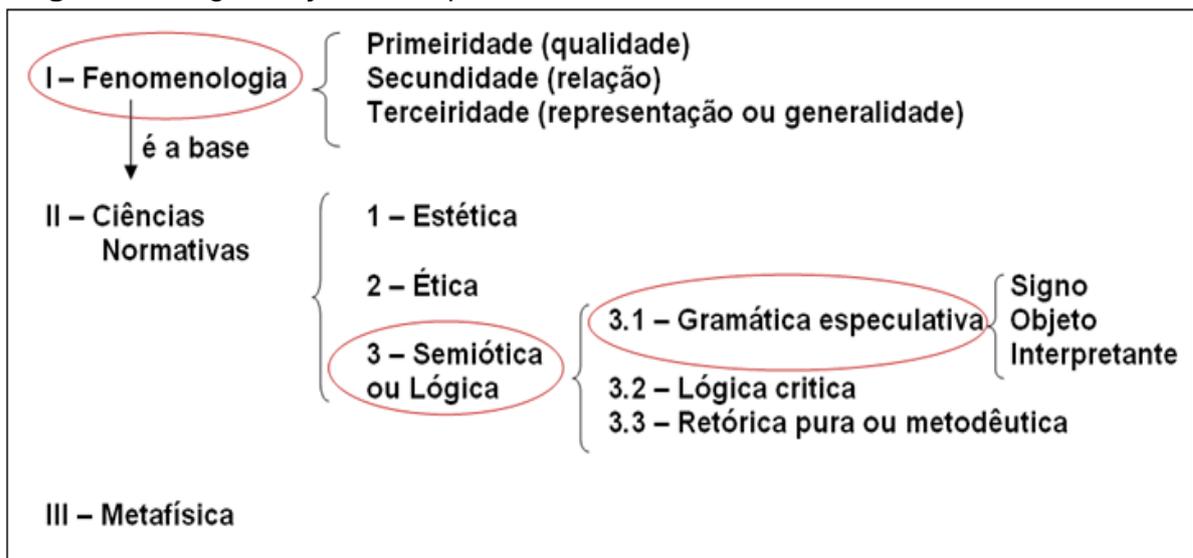
Na lógica crítica de Peirce, todo e qualquer fenômeno pode ser estabelecido em três categorias: *primeiridade*, como a capacidade de observar;

secundidade, como a capacidade de distinguir, discriminar as observações e *terceiridade*, a capacidade de generalizar as observações em classes. Essas categorias poder ser resumidas em *ver*, *distinguir* e *generalizar*.

A lógica crítica tem como base a diversidade sígnica e estuda os tipos de inferências e raciocínios (abdução, dedução e indução). O último ramo, a retórica especulativa ou metodêutica tem por função analisar os métodos originados por cada tipo de raciocínio.

Por último, temos a metafísica como a ciência que “comparece como resultante e não antecedente de toda sua filosofia” (SANTAELLA, 2007, p.29) e se ocupa em estudar o mundo real, onde as forças naturais se manifestam e forjam a realidade em nossa volta. Afigura1 apresenta esses ramos de maneira organizada.

Figura 1 - Organização da arquitetura filosófica de Peirce



Fonte: Esquema adaptado do livro de Santaella (2007, p.27)

Como destacamos na figura, em nossa pesquisa, observamos as categorias de primeiridade, secundidade e terceiridade da Fenomenologia. Das três ciências normativas de Peirce, na Lógica ou Semiótica, nos deteremos na Gramática Especulativa (e suas categorias de signo, objeto e interpretante) por serem estas as categorias que tomamos por base para criar nosso instrumento de análise sobre a significação oferecida pelas gesticulações dos estudantes, na atividade prática, no laboratório de química, e por isso passamos agora a nos aprofundar um pouco mais nesses aspectos.

2.1.3 A Fenomenologia de Peirce

A Fenomenologia se constitui na base fundamental da filosofia de Peirce, sendo ela uma quase-ciência que investiga os modos como apreendemos qualquer coisa que aparece à nossa mente, seja ele o ruído da chuva ou um conceito abstrato. À Fenomenologia cabe levantar os elementos e características que pertencem a todos os fenômenos que participam de todas as experiências. Pode-se dizer que é um campo de estudo que, suportado pela observação direta dos fenômenos, discrimina diferenças nesses fenômenos e generaliza essas observações a ponto de ser capaz de analisar algumas “classes de caracteres muito vastas, as mais universais presentes em todas as coisas que a nós se apresentam” (SANTAELLA, 2007, p.33).

Peirce nos adverte que o exercício da fenomenologia exige de nós tão somente e apenas o abrir as portas do espírito e olhar para os fenômenos. O primeiro olhar que devemos dirigir a eles é o contemplativo, ou seja, estar disponível para o que está diante dos nossos sentidos, desaurir o quanto possível da percepção, investigar os fenômenos, dar-lhes chance de se mostrarem, deixá-los falar.

O segundo olhar é observacional. A ação deve ser a capacidade perceptiva, estar atento para a existência particular do fenômeno, saber discriminar os limites que os diferenciam do contexto ao qual pertence e conseguir distinguir partes e todo. Trata-se de estar prevenido para o modo como a singularidade se delinea no aqui e agora (SANTAELLA, 2005).

Por fim, o terceiro tipo de olhar é aquele que surge da ampliação da capacidade de generalização, é teorizar o geral do particular, extrair de um fenômeno o que é comum a todos os outros que compõe uma classe geral. A propriedade de uma coisa é o fundamento do signo que “pode habilitá-lo a funcionar como signo, isto é, que pode habilitá-lo a representar algo que está fora dele e produzir um efeito em uma mente interpretadora” (SANTAELLA, 2005, p.32).

A potencialidade de se analisar semioticamente um signo, segundo Santaella (2005), dá-se pela ligação muito próxima da semiótica com a fenomenologia e daí advém a possibilidade de considerarmos os signos e interpretações nas três categorias: primeiridade, secundidade e terceiridade que tornam muito próximos o sentir, o reagir, o experimentar e o pensar. São essas

categorias, comuns a todas as coisas, que dão base ao signo para funcionar como tal: sua qualidade, sua existência e seu caráter de lei.

Para Peirce tudo que estiver relacionado com acaso, possibilidade, qualidade, sentimento, originalidade, aquilo que não é analisado, não visto como um fato concreto é primeiridade (CP, 1994).

Primeiridade é o modo de ser que consiste em seu sujeito ser positivamente tal como ele é, desconsiderando qualquer outra coisa. Isso só pode ser uma possibilidade. [...] O modo de ser “vermelhidão”, antes que qualquer coisa no universo fosse vermelho, constituía uma possibilidade qualitativa positiva. E a vermelhidão em si mesma, mesmo que ela esteja incorporada, é alguma coisa positiva e *sui generis*. Isso em chamo Primeiridade (CP, 1.25).

Todo *primeiro* é um elemento relacionado ou que retém a ideia de qualidade de aparência, composição intrínseca, do possível, potencialidade, sentimento, impressão de primeira olhada, acaso, predeterminação, originalidade, frescor, possibilidade, sem referência a qualquer coisa, presença imediata do irrefletido.

A Primeiridade é a categoria do sentimento imediato, é “presentidade”, uma consciência imediata, ou seja, “primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a outra coisa qualquer” (CP, 8.328). É o sentimento sem reflexão, a sensação, a textura, a cor, iniciante, original, livre em que predomina o caráter qualitativo e sensível. Um exemplo referente à primeiridade é dado por Peirce, que diz que, se perguntarmos a um mineralogista o que é dureza,

[...]ele dirá que é aquilo que se predica de um corpo que não se pode riscar usando uma faca. Todavia, uma pessoa comum conceberá a dureza como uma possibilidade positiva simples, cuja materialização leva um corpo a parecer-se com uma pedra. A idéia de dureza é uma idéia de Primeiridade. (PEIRCE, 1975, p.137).

A ideia de primeiridade corresponde a uma impressão, simplesmente, como uma qualidade, não analisada, no qual nenhum pensamento pode ser depositado e do qual nada pode ser destacado. Pode-se considerar primeiridade em um contexto de ensino de química, quando o estudante visualiza pela primeira vez na lousa o conteúdo a ser ensinado, que para ele é novo, não faz referência a nada. Nesse caso, há uma primeira impressão.

Assim, consciência em primeiridade é qualidade de sentimento, apreensão das coisas como se apresentam à mente, uma finíssima película de mediação imperceptível entre a consciência e os fenômenos. É a primeira, mais primitiva, simples e original, uma mera possibilidade de vir a ser. E, ao se dar conta dessa qualidade, a possibilidade de ser caminha para o que já é, um segundo.

Quando um fenômeno primeiro é relacionado a um segundo qualquer, temos a Secundidade. Segundo Nöth (1995, p.64) esta é a “categoria da comparação, da ação, do fato, da realidade e da experiência no tempo e no espaço”, a “arena da existência cotidiana” (SANTAELLA, 2007, p.47). Se há um fenômeno, há uma qualidade (primeiridade). Mas a qualidade é uma parte do fenômeno, já que, para existir, a qualidade deve estar corporificada na matéria. A secundidade está nessa representação material. Dessa forma, é uma relação diática, de dependência entre dois termos. No contexto de ensino de química seria a relação entre o experimento e algum conceito abordado neste.

Segundo Peirce, secundidade é “o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independentemente de qualquer terceiro. Peirce complementa que “a idéia típica secundidade é a experiência de esforço privado da idéia de objetivo” (PEIRCE, 1975, p.136-137). Para Peirce (1977), o esforço é secundidade pois apresenta um sentido de dois lados e revela ao mesmo tempo algo interior e outro exterior, que é pura binariedade, pois a força bruta é pouco mais do que reação e é o seu principal ingrediente. Na secundidade é ressaltada a dualidade, como exemplifica Peirce

Você tem este tipo de consciência de uma maneira pura, com alguma aproximação, quando coloca seu ombro contra uma porta e tenta forçá-la a se abrir. Você tem um sentimento de resistência e, ao mesmo tempo, um sentido de esforço. Não pode haver resistência sem esforço; não pode existir esforço sem resistência. Eles são apenas dois modos de descrever a mesma experiência. É uma dupla consciência. (CP,1.324)

Sendo aquilo que dá à experiência seu caráter factual de luta e confronto, a secundidade é ação e reação dos fatos concretos, ainda em nível diádico, sem a mediação da intencionalidade, razão ou lei. Ocorre no momento em que a mente se dá conta da experiência em si por meio da consciência. Em suma, a secundidade é o elemento relacionado ou que retém as ideias de singularidade do aqui e agora, da ação e reação perceptiva, ocorrência de entidades e individuais que estão

engajadas na ação e reação sobre outras entidades individuais. É a análise segundo o contexto a que pertence, elemento relacionado às ideias de determinado, final, objeto, correlativo, necessitado, reativo, polaridade, negação, matéria, realidade, compulsão, efeito, ocorrência, fato, conflito, surpresa, dúvida, resultado.

O último elemento é o da terceiridade que “aproxima um primeiro e um segundo numa síntese intelectual e corresponde à camada de inteligibilidade ou pensamentos em signos, por meio da qual representamos e interpretamos o mundo” (SANTAELLA, 2007, p.51), ou seja, é a “ideia de um signo ou representação. Um signo “representa” algo para a idéia que provoca ou modifica. [...] é um veículo que comunica à mente algo do exterior” (CP, 1.339). Abrange as ideias de representação, mediação, ordem, generalidade, lei, hábito, necessidade e inteligência. Também está ligado às noções de devir, continuidade, crescimento, infinito, regularidade, aprendizagem e hábito, como por exemplo, a aplicação de conceitos aprendidos para explicar o experimento. Nesta categoria, a mente já analisou a experiência e está tirando conclusões sobre ela, remetendo para um outro signo ou pensamento onde seu sentido se traduz *ad infinitum*.

É preciso nova elaboração para algo a ser explicado, que toma o seu lugar e, assim, ininterruptamente. A volição de conhecer se consolida na interpretação dos signos, traduzidos em outros signos, de um pensamento pensado em outro pensamento. O crescimento é contínuo e de aquisição de novos hábitos do processo ou mediação, que pode aparecer em forma mental ou em forma de expectativas ou intenções, é ser no futuro já que há uma implicação da existência de causas finais. Um ato com a intervenção da ação da mente apresenta triplicidade intelectual, que caracteriza a terceiridade por meio da mediação.

As categorias, primeiridade, secundidade e terceiridade, são as mais presentes em todo e qualquer fenômeno, quer seja físico ou psíquico. São conceitos simples, aplicáveis a qualquer coisa. “São ideias amplas que devem ser consideradas mais como tons ou finos esqueletos do pensamento do que como noções estáticas ou terminais” (SANTAELLA, 2013, p.36). São dinâmicas, interdependentes, onipresentes. Por serem universais e formais não entram em atrito com outras categorias, não substituem e nem as excluem. Enquanto as duas primeiras categorias são imediações para a consciência, isto é, não envolvem tempo na sua apreensão, a terceira é tipicamente temporal. É esta consciência de tempo que caracteriza a síntese e a aprendizagem (IBRI, 2001).

Além dessa trilogia, primeiridade, secundidade e terceiridade, Peirce apresenta a tríade, *ícone, índice e símbolo*, cujos termos são amplamente utilizados na literatura semiótica. Essa tríade diz respeito primariamente à distinção entre três espécies de entidades semióticas que um signo pode ter, em razão de três espécies de relações em que o signo está para o objeto, como signo desse objeto (SANTAELLA; NOTH, 1998). Essa relação de referencialidade do signo com o objeto determina a natureza do signo e é indispensável ao raciocínio. O estudo das propriedades formais dos signos é o papel do primeiro ramo da semiótica, a gramática especulativa (ver Figura 1).

2.1.4 A Gramática Especulativa e os Signos

Como ciência dos signos, a gramática especulativa é a mais fundamental e universal do ramo da semiótica, a que suprirá a lógica o seu pleno desenvolvimento. Ela estuda todos os tipos de signo e as formas de pensamento que eles oportunizam, suas propriedades e comportamentos, modo de significação, de denotação da informação e de interpretação, são capazes de determinar quando certos processos podem ser considerados signos em níveis abstratos, o que nos permite descrever, analisar e avaliar todo decurso existente de signos (SANTAELLA, 2005).

O signo, como dito, é uma coisa que representa uma outra coisa para alguém e cria um efeito em uma mente em potencial, podendo, segundo Peirce, ser analisado de acordo com suas propriedades internas – seu significado –, de acordo com referência àquilo que indica – sua representação – e de acordo com os efeitos que está apto a produzir nos seus receptores – como interpretação.

Por exemplo, a foto de um cavalo, o desenho de um cavalo, a própria palavra ‘cavalo’ são signos desse animal. E mesmo que se aborde um objeto que não exista, como um unicórnio, essa representação sígnica continua valendo do mesmo modo. Para Peirce (CP, 8.343), signo é:

[...] qualquer coisa que, de um lado, é assim determinada por um objeto e, de outro, assim determina uma idéia na mente de uma pessoa que é mediatamente determinada por aquele objeto. Um signo tem uma relação triádica com seu objeto e com seu interpretante.

Peirce apresenta três tricotomias: a relação do signo com ele mesmo, a relação do signo com o objeto e a relação do signo com o interpretante.

[...] a primeira, conforme o signo em si mesmo for uma mera qualidade, um existente concreto ou uma lei geral; a segunda, conforme a relação do signo para com seu objeto consistir no fato de o signo ter um caráter em si mesmo, ou manter alguma relação existencial com esse objeto ou em sua relação com um interpretante; a terceira, conforme seu interpretante representá-lo como um signo de possibilidade ou como um signo de fato ou como um signo de razão. (PEIRCE, 1977, p. 51)

Para Nöth (1995) a segunda tricotomia, a relação do signo com seu objeto, é a mais importante para a pragmática, que estuda a situação de comunicação e o efeito do signo, de modo que trata das relações entre signo e objeto, resultando na caracterização do ícone, índice, símbolo. Mas, primeiro, para entender determinada relação entre o objeto e o signo é necessário o conhecimento dado pela experiência colateral.

2.1.5 Experiência Colateral

Sendo a experiência colateral o conjunto formado pelas experimentações e observações do indivíduo, em um entrecorte feito na mente, com a interligação de lembranças e associações, é plausível assegurar que a experiência colateral seria a intimidade prévia de cada interpretante com o objeto em ação, numa espécie de enciclopédia individual de conhecimento a respeito de determinado assunto, reunido durante a vida. Peirce denomina de experiência colateral “uma prévia familiaridade com aquilo que o signo denota” (CP 8.179), ou seja, ao que evocamos como conhecimento necessário para entender, completar e fortalecer a compreensão da relação do objeto com o signo.

A experiência colateral diz respeito a algo fora do signo, fora do interpretante, mas que pode colaborar na “interpretação” por parte do intérprete desse interpretante. Por acreditar que não existam duas pessoas no mundo que compartilhem exatamente as mesmas experiências, somos providos a fazer interpretações diferenciadas a cada semiose sem tirar o peso da objetividade sîgnica

e incluindo na leitura aspectos empíricos de nossas percepções. Quer dizer, para que o signo suscite determinado significado na mente de uma pessoa, torna-se necessário que ela tenha um conhecimento prévio sobre o objeto retratado no signo. Dependendo desse conhecimento, o significado suscitado vai mudar. Pela generalidade do signo, este apresenta dificuldades ao tentar representar o objeto, por se aproximar apenas de uma parte dele e não do todo. A experiência colateral do objeto contribui para que seja minimizada a incompreensão de alguns aspectos do signo, tendo como principal função a de complementar e fornecer um componente a mais na busca da compreensão.

Dito isso, explicitaremos as relações entre signo e objeto caracterizados pela tríade: ícone, índice, símbolo. O objeto do signo é aquele ao qual o signo se refere. Segundo Peirce (1977, p.52; CP 2.247), o ícone é um signo que:

Se refere ao objeto que denota apenas em virtude de seus caracteres próprios, caracteres que ele igualmente possui quer um tal objeto realmente exista ou não. É certo que, a menos que realmente exista um tal objeto, o ícone não atua como signo, o que nada tem a ver com seu caráter de signo. Qualquer coisa, seja uma qualidade, um existente individual ou uma lei, é ícone de qualquer coisa, na medida em que for semelhante a essa coisa e utilizado como seu signo.

O ícone participa da primeiridade por aparecer como simples qualidade na sua relação com seu objeto. Isto porque qualidade não representa, ela se apresenta e, dessa forma, os ícones são capazes de produzir as mais imensuráveis relações de comparação. Assim, “o objeto do ícone é sempre uma possibilidade do efeito de impressão que ele está apto a produzir ao excitar nosso sentido.” (SANTELLA, 2007, p.64).

Para Santaella (2007), os ícones têm um alto poder de sugestão, de fato, qualquer qualidade tem. Por isso apresenta condições de ser um substituto de qualquer coisa que se assemelhe e assim, no universo da qualidade, as semelhanças proliferam. O signo representa o seu objeto por semelhança e, sendo assim, como mera qualidade pertence à primeiridade.

O índice, como o próprio nome alude e por estar diretamente ligado ao objeto, indica alguma coisa, tendo como fundamento a existência concreta deste. Ele é designativo de algo existente. A terra molhada nos remete ao fato de que choveu, pegadas na areia prontamente nos transmitem a ideia de que alguém

passou por ali, fumaça é indicativo de fogo. Tudo o que existe é um índice ou pode funcionar como um. Assim, temos aqui uma relação de causa e efeito.

Para agir indicialmente, “o signo deve ser considerado no seu aspecto existencial como parte de um outro existente para o qual o índice aponta e do qual o índice é uma parte” (SANTAELLA, 2005, p.20). Todos os índices envolvem ícones. A relação de semelhança na foto remete para um ícone, mas remete para um índice, quando é resultado de uma conexão ou relação de fato entre a foto e o objeto real.

O índice é um signo que estabelece relações diádicas entre *representamen* e objeto, por isso participa da secundidade, “relações [que] têm o caráter de causalidade, espacialidade e temporalidade” (Nöth, 1995, p.82). De acordo com Peirce (1977), o índice é um:

Signo ou representação, que se refere a seu objeto não tanto em virtude de uma similaridade ou analogia qualquer com ele, nem pelo fato de estar associado a caracteres gerais que esse objeto acontece ter, mas sim por estar numa relação de conexão dinâmica (espacial inclusive) tanto com o objeto individual, por um lado, quanto, por outro lado, com os sentidos ou a memória da pessoa a quem serve de signo. (PEIRCE, 1977, p.74; CP 2.305).

Logo, o índice é um signo que age como um indicador, que se concatena eficazmente com o objeto, por proximidade e associação. É ele que desperta a atenção num objeto, por meio da consequência e aproximação entre duas experiências ou duas porções de uma mesma experiência. Ele “força o olhar do receptor a se virar para o objeto, compelindo o intérprete a ter uma experiência” (SANTAELLA, 2012, p.123).

O objeto do tipo símbolo é um signo que remete a seu objeto em virtude de uma convenção, lei ou associação de ideias gerais. O símbolo pertence à segunda tricotomia, que participa da categoria da terceiridade, pois depende de convenções sociais. Segundo Peirce (1977, p.52; CP 2.249), “um símbolo é um signo que se refere ao objeto que denota em virtude de uma lei, normalmente uma associação de idéias gerais que opera no sentido de fazer com que ele seja interpretado como se referindo àquele objeto”.

O símbolo é apenas mediação, um meio geral para o desenvolvimento de um interpretante, e, por ser portador de virtudes, como generalidade da lei, regra,

hábito ou convenção, sua função como signo dependerá precisamente dessa lei ou regra que determinará seu interpretante (SANTAELLA, 2012). Resumidamente:

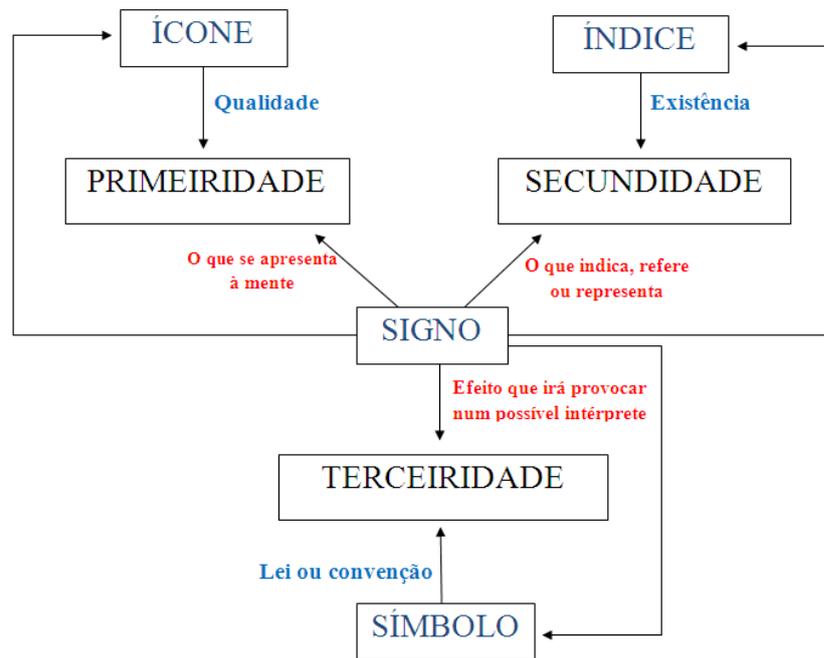
O ícone não tem conexão dinâmica alguma com o objeto que representa; simplesmente acontece que suas qualidades se assemelham às do objeto e excitam sensações análogas na mente para a qual é uma semelhança. Mas está realmente desconectado do seu objeto. O índice está fisicamente conectado com seu objeto; formam ambos, um par orgânico, porém a mente interpretadora não tem nada a ver com esta conexão, exceto o fato de registrá-la, depois de ser estabelecida. O símbolo está conectado com seu objeto por força da idéia da mente que usa o símbolo, sem a qual tal conexão não existiria (PEIRCE, 1977, CP-2.299).

O ícone pertence à primeiridade por uma qualidade, possibilidade. Qualifica-se em relação ao objeto por traços de semelhança ou analogia. O índice está na secundidade por um existente, refere-se ao objeto por ser afetado por ele, decorre de uma relação de causalidade. Já o símbolo concerne à terceiridade por se referir a uma lei, regra ou convenção. Mantém uma relação cultural e arbitrária com o referente.

Talvez possamos compreender melhor essas três categorias em um processo contínuo: uma pessoa, que não conhece o Brasil nem nossa cultura política, pode ver na foto de um tucano um ícone, identificando-a apenas como a ave tucano; um biólogo, ao ver a foto, poderá vê-la como índice, relacionando-a com um representante das aves; um político veria a foto como um símbolo, ou seja, como representante de um partido político. Nesses casos, temos a mesma foto vista como ícone (semelhança), índice (existente) e símbolo (convenção) em três situações diferentes.

Generalizando o exemplo acima, buscando esclarecer um pouco mais as relações entre as categorias fenomenológicas e a segunda classificação (ícone, índice e símbolo) a Figura 2 esquematiza o que foi exposto:

Figura2 - As relações entre as categorias fenomenológicas e a segunda classificação dos signos



Fonte: o próprio autor

O ícone, por ser um signo que remete a uma qualidade, ou seja, o que se apresenta à mente, está em primeiridade; o índice é um signo que remete à existência, ou seja, o que indica, refere ou representa e, portanto, é secundidade; o símbolo pertence à terceiridade por ser um signo que remete a uma lei ou convenção, ou seja, por ser o efeito que irá provocar num possível intérprete.

As categorias fenomenológicas e a relação entre o signo e objeto apresentado formam a base para a construção do instrumento de análise da pesquisa, que visa estudar a gesticulação dos estudantes. A representação gestual é uma linha de investigação pertencente ao programa mais geral de pesquisa em multimodos e múltiplas representações. A tese central desse programa baseia-se no fundamento semiótico de que os signos não funcionam de maneira idêntica cognitivamente e nem provêm de um sistema de representação único (DUVAL, 2004).

Isso porque toda representação é cognitivamente singular em relação ao que representa, sendo mais ou menos fácil de realizar em um sistema semiótico do que em outros, além de não apresentar uma forma exatamente semelhante de ver e apreender um mesmo conteúdo conceitual (DUVAL, 2004), caso contrário suas

alternativas seriam logicamente supérfluas e dispensáveis. Consequentemente, cada sistema semiótico nos permite uma maneira distinta de significar e pensar, sem que haja redundância (RADFORD; BARDINI; SABENA, 2007). Dessa forma, a confluência, o revezamento e o cruzamento de múltiplas representações apuram, restringem e refinam a produção do significado de um conceito, complementando e integrando suas várias perspectivas.

A implicação cognitiva, referente ao modo de representação gestual, viu-se reforçada e motivada por distintos campos de pesquisa. Estudos a respeito da formação da linguagem indicam que a mobilização do pensar na comunicação gestual parece não equivaler à mobilização da comunicação vocal, uma vez que a organização mental dos gestos é diferente da vocalização. Resultados apontam para o fato de que a origem da linguagem humana pode estar nos gestos humanos e não na vocalização (CORBALLIS, 1999).

Ao reforçar essa conclusão é possível constatar que o controle cerebral dos gestos em crianças é muito anterior ao da vocalização. Um bebê humano controla os gestos bem antes de pronunciar qualquer palavra. Piaget observou que a inteligência prática inicia-se em estágio pré-verbal nos bebês, sendo ela sensório-motora, baseada em ações e percepções. Somente a partir de um ano e meio, aproximadamente, a criança passa a um estágio de desenvolvimento da inteligência baseado nas representações, no qual a construção da linguagem se inicia (LABURÚ; SILVA, 2011). Passamos, então, a tecer comentários a respeito da localização da experimentação na multimodalidade e múltipla representação, bem como a respeito do uso do laboratório no ensino de ciências.

2.2 MULTIMODALIDADE E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Dentre as linhas de pesquisa em educação científica, o referencial da *multimodalidade representacional e múltiplas representações* vêm concentrando esforços para compreender e estimular a elaboração dos significados dos conceitos científicos pelos estudantes. Pesquisadores que investigam essa linha (AINSWORTH, 2008; AIREY; LINDER, 2009; BLOW; BRICE, 2010; JAIPAL, 2010; LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011; LEMKE, 1998, 2003; MASCHIETTO; BUSSI, 2009; PRAIN; WALDRIP, 2006; RADFORD, 2009) reconhecem que as disciplinas

científicas são um histórico caminhar em direção ao desenvolvimento e integração de variadas formas discursivas e que diferentes modos de representação servem a diferentes propósitos de pensamento e do inquirir científico.

Por implicação, os estudantes deveriam aprender a respeito de cada forma de representação utilizada pela ciência, além de saber convertê-las e coordená-las dentro de um discurso consistente. Os pesquisadores (AINSWORTH, 2008; AIREY; LINDER, 2009; BLOWN; BRICE, 2010; JAIPAL, 2010; LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011; LEMKE, 1998, 2003; MASCHIETTO; BUSSI, 2009; PRAIN; WALDRIP, 2006; RADFORD, 2009) igualmente estão de acordo de que se os aprendizes não conseguem ao menos representar seus entendimentos de diversos modos, dificilmente seus conhecimentos se tornam suficientemente robustos e duráveis, mas, por outro lado, se os mesmos conceitos forem estimulados em variados modos e formas de representação, tal ação contribui para a ocorrência de apropriações conceituais mais profundas e permanentes (WALDRIP et al., 2010).

Antes de adentrarmos nos fundamentos dessa proposta, é preciso, a título de esclarecimento, comentar que Tytler et al. (2007) e Prain e Waldrup (2006), quando fazem alusão à multimodalidade representacional, estão querendo dizer que o discurso científico tem a propriedade de integrar diferentes modos de representar o raciocínio, processos e descobertas científicas. A referência dos autores ao termo *múltiplas representações* designa a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes maneiras. Contudo, em relação à multimodalidade representacional, o texto de Radford, Edwards e Arzarello et al. (2009, p. 91) relaciona-o a diversos meios ou “recursos perceptivos”, em que as distintas formas representacionais podem vir a ser pensadas, comunicadas ou executadas. Para Blown e Bryce (2010), *modalidade* significa apenas uma referência a diferentes maneiras de compartilhar um significado. Aqui utilizamos ambos os termos nesses três sentidos indistintamente, sem comprometer a clareza do que estiver sendo falado.

Dito isso, vejamos que a consideração de cunho cognitivista multimodal e de múltiplas representações parte do princípio de que a apreensão e diagnóstico do conhecimento científico prendem-se, essencialmente, às análises semióticas do seu sistema de produção e de suas representações. Maneiras de raciocinar e de visualizar por meio desses conhecimentos estão intrinsecamente ligadas à utilização

de representações semióticas e toda comunicação disciplinar se estabelece com base nelas.

Para que a aprendizagem em ciências se realize de maneira efetiva e engajada, é lugar comum, nas pesquisas contemporâneas em educação científica, assegurar, entre outras coisas, que os estudantes sejam desafiados a desenvolver um entendimento mais profundo dos significados em estudo, sem desconsiderar suas preferências e necessidades pessoais de aprendizagem. Para isso é preciso que tarefas de avaliação sejam igualmente diversificadas quanto ao seu aspecto representacional, além de que a natureza desse conhecimento tenha relevância cultural, com implicações locais, sociais, pessoais ou tecnológicas. Mas, para que haja profundidade dos significados, diferentes representações dos conceitos e processos científicos carecem ser trabalhados e os estudantes devem ser capazes de transitar de maneira coordenada entre as representações envolvidas com o conhecimento científico (PRAIN; WALDRIP, 2006).

Como é próprio do discurso científico o emprego de diferentes linguagens, a construção de uma forte compreensão de um conceito permanece ligada à extração do significado imanente às várias representações, por conseguinte é fundamental que os estudantes desenvolvam uma compreensão dos diversos modos de representá-las, sem que se tornem dependentes de um modo particular ligado a um tópico específico (PRAIN; WALDRIP, 2006). Ora, um ambiente instrucional de ensino das ciências centrado em multimodos e múltiplas representações, inclusive que considera representações próprias informais (WALDRIP et al., 2010), é consequência dessa abordagem.

Diferentes classificações dos modos de representação têm sido propostas (PRAIN; WALDRIP, 2006), mas existe certo consenso de que suas categorias incluem formas descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, matemática), figurativas (pictórica, analógica ou metafórica), cinestésicas ou de gestos corporais (encenação, jogos), que usam objetos tridimensionais (3D) ou maquetes e experimentos. Vários desses modos e formas de representação são usados individualmente e coordenadamente para representar as afirmações do discurso científico.

As maneiras disciplinares de conhecer das várias ciências relevam, concentram e combinam modos e formas de representação que lhes são característicos. Conhecer uma disciplina é inseparável do domínio semiótico sobre o

qual ela está edificada. Isto acarreta que uma parte significativa da aprendizagem é vista através da necessidade do estudante ir “descobrir” o significado das representações discursivas empregadas pela disciplina estudada (AIREY; LINDER, 2009).

Por exemplo, em química, as representações dos símbolos químicos e as representações gráficas são prioritariamente verbais, de forma que os conceitos dessa esfera de conhecimento são mais bem expressos e inteligíveis por meio daquela linguagem, sem mencionar que, nas ciências da natureza, a modalidade representacional baseada em experimentos, ações e procedimentos, ligados a um “saber fazer”, têm lugar de destaque (LABURÚ; SILVA, 2011). Portanto, a relevância de certos modos semióticos em relação a outros fica na dependência do tipo de conhecimento estudado. Além disso, conforme o referencial da multimodalidade, para o educador científico as variadas representações semióticas têm diversificado papel pedagógico e no caso da construção de significados científicos o contato e manipulação com objetos e eventos têm importância cognitiva.

Yore e Hand (2010, p. 97) apontam que a transformação entre as modalidades representacionais, como fazer medidas e coletar dados, esquematizar e organizar tabelas, gráficos, diagramas, descrições orais ou impressas para projeção, encorajam maior processamento e melhor compreensão das ideias arraigadas. Mais especificamente, para Klein e Kirkpatrick (2010, p. 89), a medição é a “resemiotização” da percepção de um atributo em um conjunto de signos numéricos. Visualizações, tais como gráficos, transformam dados numéricos em novas formas representacionais a partir dos quais as relações entre variáveis podem frequentemente ser aprendidas de maneira perceptual. Acrescente-se, ainda, que conceituar grandezas físicas de modo integral envolve relacioná-las de maneira consistente em um sistema de representações formais, assim como saber convertê-las nos modos de representação gestuais via ação, procedimentos, habilidades ou atitudes, e vice-versa.

A possibilidade bem sucedida de conversão entre modos de tipo manipulativo, formais (verbal, matemática) e outras representações semióticas (tabelas, diagramas, gráficos) determina, até mesmo, se uma grandeza física foi significativamente aprendida (LABURÚ; SILVA, 2011). A variabilidade representacional conduzida pela atividade cognitiva de conversão (DUVAL, 2004) ou, mais amplamente, de troca de modos e formas de representação, com suas

exigências de transcodificação (JOLY, 2004) e coordenação de representações semióticas, é questão vital para que o discurso científico e matemático seja apropriado pelos aprendizes (SCHNOTZ, 2002). Frente a um panorama educacional de diversidade representacional, as atividades experimentais e o modo de representação da atuação corporal que as acompanham são considerados cruciais para a aprendizagem do conhecimento científico e matemático (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009).

No âmbito pedagógico, então, Laború e Silva (2011) afirmam que se um aprendiz entendeu ou aprendeu algo, quer dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, deve ser hábil na conversão de registros ou tradução entre quaisquer representações. Do ponto de vista semiótico, compreender envolve, em última instância, competência no trânsito intrarrepresentação e inter-representação de um mesmo referente.

Para Gardner (1995), a natureza do entendimento tem a ver com saber aplicar conhecimentos, e podemos saber se ele foi obtido quando se constata desempenho com sucesso nessa aplicação. De acordo com o autor, para saber se um aluno compreende um princípio da física, por exemplo, é necessário que se aprecie seu desempenho na construção ou conserto de um aparelho, no emprego correto de uma fórmula ou previsão de um fenômeno (GARDNER, 1995), o mesmo poderíamos dizer da química. Na atividade experimental é necessário observar a manipulação dos materiais de laboratório, a leitura e aplicação correta das medições, o uso correto de uma fórmula bem como a sua leitura para uso de reagentes e, para o que nos interessa enfatizar, realizar experimentos, no seu mais amplo sentido, para aplicar uma ideia ou conceito. Logo, entendimento tem um sentido multimodal, e tem a ver com a capacidade bem sucedida na conversão e no trânsito entre modos e formas representacionais de um conceito estudado.

O significado de uma mensagem se locupleta pela envergadura das diferentes modalidades semióticas, isso porque o significado encontra-se distribuído por entre as diversas representações e não é abarcado por uma única (JAIPAL, 2010). Panaoura, Eracleous e Gagatis (2007) afirmam que é da diversidade de representações que surge o significado dado a um objeto, seja ele matemático ou qualquer objeto cultural. A variabilidade dos sistemas representacionais e o trânsito entre elas são fundamentais para o entendimento conceitual e determinam, numa

significante extensão, o que foi aprendido. Na medida em que cada representação de um conceito oferece informação sobre um traço peculiar dele, sem ser capaz de descrevê-lo completamente, formas variadas de representação conseguem prover distintas inferências.

Isso porque cada representação apresenta natureza diversa da outra e proporciona restrita capacidade de representação e descrição de aspectos diferentes do referente. Cada sistema de representação encerra propriedades específicas que limitam intrinsecamente suas possibilidades de representação. Treagust et al. (apud LEITES; BERNARROCH; PERALES, 2008) comentam que existem muitas formas de representar moléculas e átomos, cada uma delas é usada para destacar aspectos particulares do fato que se pretende explicar e nenhuma é universalmente aplicável.

Deve-se levar em consideração que, na troca de representação, certos tratamentos são efetuados de uma maneira muito mais simples e mais potente do que outros. A importância da troca pode estar justamente em se conseguir efetuar um tratamento totalmente diferente em outro registro de representação distinto daquele em que foram dadas as representações iniciais. Sem dúvida, cálculos numéricos ou algébricos, a escrita decimal dos números e as notações literais, os símbolos e as fórmulas químicas, são mais econômicos e potentes do que os feitos com a linguagem natural.

Por sua vez, o poder heurístico das figuras vem do fato dos tratamentos figurativos que permitem executar não serem equivalentes aos raciocínios dedutivos estabelecidos por um teorema em forma escrita simbólica ou em língua natural. Por uma figura, diferentemente de um teorema ou definição, se é capaz de perceber objetos e relações em um espaço de dimensão superior àquele que o raciocínio explicita e necessita. A figura joga, pois, um papel heurístico ao permitir trabalhar numa dimensão superior à das unidades figurais que representam (DUVAL, 2004). Elas e os esquemas apresentam o mérito de representar a totalidade das relações entre os elementos constituintes do objeto ou da situação estudada. Ambos possibilitam modificações visuais proporcionais surgidas das relações das partes com o todo e que podem ser realizadas mentalmente ou fisicamente, independentes de qualquer conhecimento específico.

Porém, como qualquer representação, as figuras, assim como as representações analógicas e geométricas apresenta limitações. Elas não

conseguem representar mais do que estados, configurações ou produtos de operações, e não ações ou transformações (BRESSION apud DUVAL, 2004). Para representar operações é necessário possuir as propriedades de uma linguagem semelhante à linguística ou algébrica. Outra limitação encontra-se nas operações de modificação que se fazem necessárias na análise das figuras, onde existem fatores específicos para cada operação mais ou menos visíveis, que constituem a riqueza, mas, ao mesmo tempo, a complexidade das figuras geométricas e de outras.

Nas resistências e armadilhas de uma figura subjazem fatores que são próprios a cada representação figural como, por exemplo, a lei gestáltica do fechamento ou da continuidade dos estímulos visuais, lei esta que determina que contornos simples e fechados de uma figura geométrica sejam vistos separados como se fossem um todo, uma vez que predominam as unidades de dimensões maiores em relação às inferiores quando do estímulo visual (DUVAL, 2004).

Os diferentes atributos proporcionados pelas representações acima exemplificados adicionados à propriedade topológica e tipológica dão sustentação cognitiva para que multimodos e múltiplas representações tenham valor pedagógico. Em complementação a isso, vemos que as múltiplas dimensões semióticas de que podem vir a se valer a aprendizagem do conhecimento científico mantêm-se subordinada ainda a um duplo, interdependente e inerente aspecto comum a toda comunicação: **a)** Não há significação completa por si própria, mas ela permanece dependente de diferentes fontes de informação e de um domínio contextual de experiências e significados; **b)** todo aquele que realiza uma interpretação acha um caminho diferente para o significado (LEMKE, 2003).

Em relação ao primeiro aspecto (a), as circunstâncias, entendidas como todos os fatos conhecidos pelo receptor de uma mensagem, favorecem diferentemente as diversas mensagens admitidas pelo sinal que o emissor tenta transmitir, o que significa que a atenção do receptor deveria estar dirigida para elas. Por consequência, toda comunicação faz assunções sobre o que o destinatário deverá saber, tomando-as como base para ulterior interpretação (PIETRO, 1973).

No entender de Eco (2003), estamos continuamente antecipando as expressões de outrem, preenchendo espaços vazios dos textos, prevendo ou pressupondo palavras que o interlocutor dirá ou não deveria ter dito ou que nunca mesmo dirá. Mesmo simples proposições têm mais que um sentido, pois o seu *status*, que determina o lugar de uma proposição na organização discursiva de um

conjunto de proposições ou o papel que joga na expansão discursiva, depende do contexto da enunciação (DUVAL, 2004) ou contexto psicológico (OGDAN; RICHARDS, 1989);

Tendo em vista o aspecto (b) observamos que os indivíduos não interpretam um texto de maneira semelhante, visto que partem de diferentes condições iniciais de conhecimentos, experiências e habilidades. Além disso, a dinâmica em sala de aula é corrida e dá-se em torno de um complexo ambiente, onde vários acontecimentos ocorrem simultaneamente. Isto faz com que frequentes falhas de comunicação do professor com seus estudantes aconteçam, sendo possível presenciar informações erradas, incompletas, insuficientes, ausentes, confusas, mal localizadas e escritas, às vezes, adiantadas ao conteúdo de interesse, inconvenientemente misturadas, com defasagens temporais de conhecimentos dos estudantes.

Para o estudante, acaba ficando o malabarismo da difícil tarefa de selecionar e unir a informação correta num todo coerente e sintético e chegar à compreensão do que o professor pretende. Afortunadamente, a linguagem humana é um sistema tolerante às faltas e incorpora uma grande redundância, especialmente quando se considera uma média num longo período de tempo.

Para um mecanismo de autocorreção funcionar durante a aprendizagem, os estudantes precisam ser capazes de integrar significados daquilo que está sendo comunicado e, para isso, é vital que o professor utilize diferentes sistemas semióticos, como recurso de comunicação (LEMKE, 2003), como, por exemplo, os experimentos. Decorre daí oportunizar que modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados a outros, favorecendo a ultrapassagem das falhas mencionadas.

As colocações anteriores justificam de modo natural uma orientação para várias formas e modos de representação em interlocuções entre professor e estudantes, visto que as mesmas não são completas e estão longe de serem prolixas. Esse traço da comunicação humana e particularmente da científica, conduz a que um significado somente se vê preenchido por integração de um somatório de significados levados pelas várias formas e modos comunicativos, sem que se desconsiderem os já elaborados no passado. Ora, o significado de cada palavra se enriquece pelo acúmulo do encontro de diferentes contextos, pela intersecção de muitas afirmações e pela confluência de muitos tipos, formas e modos discursivos.

Toda palavra, assim como cada figura, diagrama, equação, simbolismo envolvido por detrás das ações e procedimentos promovidos por experimentos, pertence a um contexto e é parte de uma possível troca de significados entre diferentes membros de uma determinada comunidade. É preciso acrescentar que para cada sujeito há um caminho particular para a construção de significados. Conseqüentemente, um ensino plural em termos representacionais é compatível com o princípio pedagógico contemporâneo que atenta para as necessidades e preferências individuais cognitivas, quando se pensa numa aprendizagem efetiva.

Podemos dizer com isso que um determinado modo representativo tem potencial de se tornar mais eficaz para iniciar ou aprimorar a elaboração das ideias de um particular aluno, auxiliando-o a ultrapassar obstáculos conceituais de representações mais abstratas e oficiais. A razão para assim ser permanece atrelada às habilidades ou capacidade humana diferenciada e à história cognitiva construída por cada sujeito quando do instante instrucional específico. Um modo representacional é capaz, então, de se comportar tal qual um “andaime conceitual”, ao prover um apoio auxiliar para o sujeito construir o conceito almejado, assistindo-o na elaboração de novas representações (LABURÚ; SILVA, 2011).

Para Ainsworth (2008), o engajamento em uma pluralidade de modos e formas representacionais sustenta a aprendizagem por três motivos: é conveniente para complementar ou reforçar, por confirmação, conhecimentos passados; propicia, por restrição, o refinamento de uma interpretação ao limitar o foco do aprendiz sobre conceitos fundamentais; capacita-o a identificar um conceito ou abstração subjacente entre os modos ou dentro do mesmo modo de representação. Dentro das considerações que vimos fazendo anteriormente, a esses três motivos acrescentemos mais dois: determinados modos podem se adequar melhor a certos indivíduos, por servir-lhes de meio apropriado para compreender um conceito, devido à existência de esquemas conceituais já construídos por eles; a relação de ordem emocional que os estudantes mantêm com o conhecimento é própria a cada um (LABURÚ; SILVA, 2011). Ou seja, a utilização de diferentes modos e formas de representação mais intuitivas e de maior proximidade com o sujeito faz com que o traslado desses modos e formas para aqueles acadêmicos pouco ou nada intuitivos se tornem mais efetivos.

O emprego de multimodos e de múltiplas representações tem maior probabilidade de criar vínculos harmônicos com as características pessoais e

cognitivas de cada aprendiz. Tais características, lembrando, são fruto de uma histórica construção de vida de cada um, constituindo as habilidades cognitivas, anseios, comportamentos sociais e atitudes que se encontram presentes no momento instrucional.

Como última ponderação a respeito do referencial multimodal, indiquemos sua capacidade em proporcionar redes conceituais, as quais estão vinculadas diretamente com o entendimento. Quando os estudantes examinam diferentes representações da mesma ideia estão na verdade construindo redes conceituais. Para Duval (2004), Ausubel (apud MOREIRA, 1999) e Ainsworth (2008) a aprendizagem com entendimento ou significativa é alcançada quando o aprendiz consegue mostrar desempenho na conversão e comunica equivalência de significados entre distintas representações, ao mesmo tempo em que é capaz de integrá-los em um discurso multimodal de representação, de tal forma que não permaneça dependente de um signo particular ou modo exclusivo de expressão. De fato, o termo “estabelecer conexões” encontra-se no cerne das reflexões colocadas ou delas são decorrentes, na medida em que espelha a importância de se constituir relações acerca do conhecimento.

2.2.1 Uma Forma de Representação: o Experimento na Relação com o Conteúdo

É pelo uso intencional de “resemiotizações” e negociação das transformações semióticas que se leva a construção de conexões para instaurar significâncias (STEINBRING, 2006). Os aprendizes, ao criarem vinculações referenciais entre elementos e estruturas correspondentes em diferentes representações, constroem dependências nas e entre as diferentes representações e só assim são capazes de adquirir um mais profundo entendimento (HAND et al., 2009). Portanto, potencializa-se uma aprendizagem aprofundada e significativa, na medida em que maior número de relações e conexões construídas é favorecido, o que permite outorgar significados e funcionalidade aos novos conceitos e princípios aprendidos (PATTERSON; NORWOOD, 2004).

É necessário dispensarmos maior atenção ao papel desempenhado por diferentes modos semióticos na construção do conhecimento científico em sala de

aula (MACHADO; MOURA, 1995; LEMKE, 1998; MACHADO, 2000; RADFORD, 2009; PICCININI; MARTINS, 2004; PADILHA; CARVALHO, 2008; TYTLER et al, 2007; EDWARDS, 2009). Segundo Lemke (1998), a meta da educação científica seria a de capacitar os estudantes para a utilização de diversas linguagens, na construção de significados em sala de aula (visual, verbal, gestual, gráfica, mapas, tabelas e equações matemáticas, experimental), sendo capazes de uma integração entre eles na condução da atividade científica. Isso porque os sinais não ocorrem de forma isolada, daí a necessidade, de um ensino multimodal que integre os vários modos semióticos, permitindo a fundamentação científica e o translado entre esses modos, efetivando-se uma aprendizagem significativa. Os estudantes, participantes da pesquisa, tiveram os conteúdos apresentados de forma multimodal, já que estudaram os conteúdos no ensino médio regular com aulas de maneira verbal (oral e escrita), leitura de gráficos e figuras, visual (vídeos), sendo que para esta pesquisa foi aplicada mais uma forma multimodal – a experimental.

Os diferentes modos de comunicação interferem no processo de construção de conhecimento em sala de aula (PADILHA; CARVALHO, 2008), não só os modos atribuídos à linguagem verbal, como também os modos de comunicação não verbal (LEMKE, 1998; PICCININI; MARTINS, 2004). Para Lemke (1998), a Ciência não é feita apenas pela linguagem verbal, ela é feita por um “híbrido semiótico” que engloba a linguagem verbal, visual e matemática. É preciso integrar as diversas formas semióticas para multiplicar o conjunto de possíveis significados, a que chama de caráter multimodal de comunicação.

Dessa forma, a aquisição de um novo conhecimento, segundo Padilha e Carvalho (2008, p.3), é “produto de uma intensa troca de informações, e os modos de comunicação são os veículos dessa socialização”. Portanto, o referencial teórico da multimodalidade e múltiplas representações, visto anteriormente, justifica as atividades laboratoriais como um modo de representação auxiliador para elaboração dos conceitos científicos.

2.2.2 O Papel do Laboratório Didático

Dentre as atividades de ensino e aprendizagem no ambiente escolar, as realizadas no laboratório didático sempre tomaram parte do espaço de discussão

nas reflexões da área de educação científica. Trabalhos frequentemente surgem defendendo ou questionando a importância das práticas de laboratório para instrução científica (HODSON, 1994; WHITE, 1996). Na ponderação desse debate, se constata substancial saldo positivo dos que reconhecem ou valorizam a importância das atividades de laboratório frente às críticas e defesa da ineficácia ou não importância dessas atividades para aprendizagem (LABURÚ; SILVA, 2011).

Prosseguindo nesse debate, situamo-nos ao lado dos que defendem o laboratório didático e, de forma geral, as atividades empíricas que venham a ocorrer em espaços outros que não necessariamente nesse local. Ao sustentar essa defesa adentramos os fundamentos da atual linha de pesquisa em multimodalidade e múltiplas representações, linha que vem mostrando fortes indícios quanto aos seus méritos como estratégia instrucional para a aprendizagem dos conceitos científicos. Na apresentação das ideias que amparam o referencial da multimodalidade e múltiplas representações pretendemos deixar evidente que as práticas experimentais de laboratório são consistentes com as suas orientações, com isso temos a intenção de acrescentar um novo e complementar argumento para a importância do papel do laboratório didático.

Reflexões a respeito do laboratório didático vêm ocorrendo há bom tempo (NEDELSKY, 1958; MICHELS, 1965; SALVADEGO, 2007). Mas, é nas últimas duas décadas e meia, aproximadamente, que se encontra na literatura de educação científica uma crescente e sistemática produção, investigando o assunto nos seus mais diversos pontos de vista e que perpassa por todos os níveis de ensino (LABURÚ; SILVA, 2011). Barolli, Laburú e Guridi (2010); Salvadego (2007) oferecem um panorama das investigações que vem envolvendo o laboratório didático. Os autores descrevem que o tema laboratório didático é tratado segundo os mais variados aspectos. Há estudos preocupados com a questão dos conteúdos específicos que só podem ser desenvolvidos na sala de laboratório, como o problema da medida, da determinação de constantes físicas ou das diversas abordagens didáticas que um determinado tipo de experimento pode fornecer.

Tem os que enfatizam muito mais procedimentos e desenvolvimento de habilidades, como o uso e manipulação acurada dos instrumentos e técnicas laboratoriais, de organização e comunicação, desenvoltura para questionar, pensar criticamente, resolver problemas, procurando debater a relação processo *versus* conteúdo. Alguns analisam os objetivos do laboratório, seu papel e características,

ou ressaltam a estruturação didática, as etapas do método científico, a importância da introdução de experimentos fundamentais.

Por exemplo, o trabalho de Laború (2005) propõe uma reorganização de todos esses objetivos em quatro categorias: *motivacional*, *funcional*, *instrucional* e *epistemológico*. Na categoria *motivacional*, estariam os objetivos nos quais o foco de atenção está voltado diretamente para o aluno, como aqueles que despertam a atenção do aluno. Na categoria *funcional* se encontram os objetivos que consideram as características e propriedades inerentes do material, como também a sua adequação para real implementação em sala, com a intenção de facilitar a tarefa do professor ou do aluno, com a escolha de experimentos de fácil manejo dos equipamentos e da montagem do aparato. Na terceira categoria, a *instrucional*, seriam postos os objetivos que tratam fundamentalmente do ensino e da aprendizagem, ou seja, as atividades experimentais facilitadoras da explicação, da apresentação dos conceitos e modelos. Na categoria epistemológica, os objetivos que atendam a um “padrão de características nas respostas dos participantes que tende a dar um apelo forte para a construção do conhecimento, ou, mais especificamente, para a capacidade da formulação teórica em tratar a realidade” (LABURÚ, 2005. p.7). As atividades experimentais utilizadas seriam aquelas que estabelecessem uma relação entre o empírico e a construção teórica e aquelas que demonstrassem as implicações das teorias e leis.

Galiazzi et al. (2001) fizeram um trabalho semelhante em relação aos objetivos do uso do laboratório. Ao pesquisar um grupo de professores e graduandos do curso de licenciatura em Química para discussão a respeito dos objetivos de se fazer atividades experimentais no ensino médio, elencaram vários objetivos para que a eles fossem atribuídos valores. Esses objetivos foram distribuídos em quatro grupos: desenvolver o saber (conhecimento conceitual); desenvolver o saber fazer (conhecimento procedimental); desenvolver o ser (conhecimento atitudinal) e desenvolver o saber e o saber fazer juntos.

Os autores apontam que, em relação à epistemologia empirista, que tem fundamentado intensamente ainda hoje as aulas de ciências, houve um progresso no sentido de que as atividades experimentais vão além de verificar fatos e comprovar teoria. E, ainda, que o grupo investigado considera a atividade experimental como um dos instrumentos possíveis, mas não o único, para ser utilizado na aprendizagem de Ciências no Ensino Médio (GALIAZZI et al., 2001).

Há, também, segundo Barolli, Laburú e Guridi (2010), os que focalizam a dinâmica de grupo de estudantes, no trabalho de laboratório, por meio de referenciais psicanalíticos, ou que buscam métodos alternativos de avaliação dos estudantes mais apropriados às características pedagógicas desenvolvidas em ambiente de laboratório. Outros buscam identificar as dimensões do interesse, analisando o benefício de um experimento em termos dos resultados das atitudes dos estudantes frente a um estilo de instrução mais aberto e questionador se comparado a um estilo expositivo e mais fechado.

Shibley Jr e Zimmaro (2002), McCreary, Golde e Koeske (2006), Hofstein e Luneta (2003) e Solomon (1994) concordam com a dimensão coletiva do trabalho científico. Para Aikenhead (1994) isso propicia aos estudantes participação responsável na ação política acerca de questões da ciência e tecnologia na sociedade, assim como atuar na solução de tais questões. Incluem-se, ainda, os que buscam as diferentes percepções dos estudantes e professores a respeito do propósito do laboratório e que comparam o planejamento das atividades práticas com as razões para esse planejamento.

Como exemplo final, encontramos estudos como os de Tiberghien et al. (2001) que apontam as diferenciações e particularidades dos laboratórios de física, química e biologia – por exemplo, no laboratório de química busca-se mais determinar o valor de uma quantidade que não seja medida diretamente; no de física, aprender como processar dados e em biologia, identificar um teste padrão. Já em comum aos três são os objetivos de identificar fenômenos e familiarizar-se com eles e, também, fazer relatórios diretos de observações – ou de Séré (2002b) que se baseia na existência de grandes projetos internacionais que reúnem práticas comuns vinculadas a objetivos gerais dos diversos laboratórios do Ensino Médio e universitário de vários países da Europa.

Na leitura de Séré (2002a), os experimentos favorecem a instauração de uma ligação entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas. A teoria serve a prática e a prática oferece suporte para que a teoria seja revista e aprendida. Nesse sentido, Hodson (1988) afirma que a teoria e o experimento apresentam interatividade e interdependência de forma que o experimento auxilia a elaboração da teoria e a teoria determina o modo como devem e podem ser levados os experimentos.

No objetivo epistemológico, a atividade experimental propicia aos estudantes situações que os levem a adquirir uma percepção do uso da teoria em termos de escolha e questionamento de dados experimentais relevantes, aprimoramento da observação e das medidas. Resulta atraente para os estudantes a oportunidade para pôr em prática métodos de aprendizagem mais ativos, para interatuar mais livremente com o professor e com outros estudantes e para organizar seu trabalho (HODSON, 1994).

Do ponto de vista de Barolli, Laburú e Guridi (2010) e Salvadego (2007), as potencialidades e funções do laboratório suscitam muitas reflexões e controvérsias, posto que seu papel sempre será uma questão polêmica para o ensino de ciências, porque a diferença mais radical entre as distintas concepções que podem ser encontradas na literatura reside tanto nas visões distintas de aprendizagem e do processo de construção do conhecimento, como nas possibilidades do uso do laboratório como instrumento de aquisição de conhecimento.

O laboratório, como vimos, é um importante espaço instrucional para ativar modos de representação distintos e complementares aos que podem ser empregados em outros espaços escolares de caráter mais expositivos com o objetivo de promover a aprendizagem mais eficaz dos conceitos científicos. Então, independente da possível classificação que se possa vir a utilizar para organizar analiticamente a diversidade de argumentos e pressupostos que fundamentam as diferentes visões dos objetivos em torno do laboratório, os pressupostos baseados na multimodalidade representacional estão dirigidos para a maneira de compreender os processos da ciência e da aprendizagem. Assim, o objetivo do uso do laboratório didático na aprendizagem científica justifica-se segundo uma dimensão cognitivista.

2.2.3 Atividades do Laboratório Didático e a Produção de Significados

Os argumentos que dão sustentação às atividades de laboratório são baseados no referencial multimodal e de múltiplas representações. Vimos que ela fornece condições para a produção dos significados dos conceitos científicos sempre que o aprendiz dispuser de múltiplas formas semióticas para tratar uma informação, conforme também lembra Perales Palácios (2006).

Entender um conceito científico significa menos conhecer as exatas palavras expressas e sua definição, do que conhecer e usar apropriadamente seus distintos recursos representacionais para realizar ligações cognitivas entre teoria e fenômeno. De fato, o significado das palavras, conceitos, proposições e leis científicas se encontra incrustado nos elementos representacionais formadores do discurso e apreender é um ato de compor a totalidade do significado manifesta por um conjunto de multiplicidades semióticas, visto que cada uma é capaz de apreender uma particularidade dessa totalidade (LABURÚ; SILVA, 2011).

A partir deste momento, passemos a posicionar o laboratório didático como espaço privilegiado de geração de significações de um modo representacional que se concentra na esfera do sensível ou corporal, modalidade esta que envolve necessariamente movimentação corporal como gestos, ações e procedimentos experimentais. Por ser um lugar próprio para a realização empírica, é da natureza desse espaço ativar modos de representação diferenciados daqueles normalmente usados fora desse ambiente.

Por essa razão, tais modos levam a estimulação de processos cognitivos específicos para a construção dos significados ensinados com reflexos para a produção do entendimento conceitual. As ponderações retiradas do referencial da multimodalidade e múltiplas representações trazem novos argumentos a favor da importância instrucional de se promover o ensino de ciências com inclusão de atividades empíricas em laboratório como meio de promoção da pluralidade semiótica para interiorizar e consolidar conceitos científicos. Como parte da miríade representacional que pode ser usada no ensino, incluímos a que envolve objetos concretos, dado que a cinesia e a atuação sobre e com materiais é um modo de representação do qual o pensamento toma parte para a construção conceitual.

Dentro disso, a prática experimental em laboratório é um modo representacional fundamental a destacar para auxiliar e complementar a construção dos processos e conceitos científicos, os quais permanecem sustentados nas escolas, quase sempre, por exposições fixadas em modos de representações formais. Portanto, a estimulação do modo representacional experimental deve ser observada como imperativa para o ensino de ciências, não apenas para retratar a natureza epistemológica do conhecimento científico, mas por carregar uma característica pedagógica cognitivamente singular, que em combinação com outros

modos e formas representacionais, apoia, complementa e aprimora a formação do pensamento científico.

Duval (2004) nos diz, em sua teoria, que o funcionamento cognitivo, por meio das representações, faz uma interação comunicativa entre sujeito e atividade cognitiva do pensamento, gerando diferentes formas de registro de representação do objeto. Podemos pensar em várias representações existentes em nosso meio, como por exemplo, um mapa, um globo terrestre, um esqueleto, um protótipo, entre outros. Essas representações são utilizadas para a compreensão de alguns conteúdos no ambiente escolar. Quando se fala em concentração em química, por exemplo, podemos representá-la por meio de um gráfico em relação à quantidade de matéria e o volume, descrevê-la pela lei que a define ou mostrá-la mediante dados em uma tabela.

Essas representações são importantes, pelo fato de proporcionarem diferentes registros de um mesmo objeto químico. Esses registros servem para designar os diferentes tipos de representação semiótica utilizados em química em sala de aula e também no laboratório. A completa aprendizagem de um determinado conceito químico supõe a compreensão de, ao menos, dois registros, deste conceito (PERALES PALLACIOS, 2006; PICCININI; MARTINS, 2004; PELEGRINI, 1995). Nos conteúdos químicos, a compreensão também está ligada à capacidade de mudar de registro, assim, com essa articulação nas mudanças de registro, o aluno reconhece o mesmo objeto químico em diferentes representações. O aluno cria condições para modificar formulações e representações de informação durante a resolução de um problema. Dessa forma, podemos ver a atividade experimental como uma atividade desenvolvida num ambiente criado para esse fim, envolvendo os estudantes em experiências de aprendizagem planejadas, interagindo com materiais para observar e compreender fenômenos.

As experimentações são consideradas ferramentas de ensino para o desenvolvimento de uma aprendizagem com significado em ciências, propiciando a ocasião para estudantes se expressarem e avaliarem suas ideias e modelos científicos, pois o trabalho experimental é algo ativo, onde exploramos os vários tipos de representações simultaneamente de modo holístico. Bárbara e Valdés (1996) comentam que a avaliação holística é conveniente e necessária para desenvolver um trabalho prático que reflita autenticamente o espírito do fazer científico.

O uso das atividades experimentais no ensino das ciências foi considerado como uma ponte entre o empírico e a construção teórica, promovendo uma interatividade e uma interdependência da teoria e do experimento. Com base no exposto acima, o experimento é uma outra maneira de representação pelo qual o estudante demonstra se o conteúdo teve significado para ele, já que ele precisa retomar os conteúdos vistos em sala de aula, até mesmo de anos anteriores para realizar e finalizar toda a atividade experimental, para, então, construir novos significados, relacionar o conteúdo com a prática, entender os conceitos para aplicá-lo em outras situações. O êxito na apreensão de conceitos passa por um mecanismo que abarca a conversão das formas de representação diferenciadas (como verbal, oral e escrita, figuras, vídeos), desde a apresentação do conteúdo até o término da experimentação. No decorrer das atividades os estudantes produzem signos, como por exemplo, a gesticulação.

A decifração do significado dos gestos e ações de um estudante possui menor objetividade do que sua linguagem verbal poderia vir a informar. Interpretar a gesticulação de um sujeito, então, não consiste em uma empreitada precisa para quem interpreta, por isso, tentar encontrar o máximo de sentido que existe atrás dela é um desafio. Olhar a gesticulação é procurar decifrar sua linguagem, como processo, como índice de cognição e buscar referenciais para sua análise. Sua dinâmica e sua interatividade trazem para o âmbito da pesquisa campos de visibilidade ainda inexplorados. É esta visibilidade fenomenológica que permitirá a compreensão da linguagem por meio da gesticulação.

A semiótica pode ajudar a interpretar, entender, traduzir essas gesticulações levando em conta não somente aspectos relacionados ao conteúdo da experimentação em si, mas aspectos subjacentes a conteúdos necessários para que se tornem possíveis as interações entre conteúdos passados e atuais. O estudo a respeito da semiótica é no sentido de relacionar a leitura dos signos baseados nas gesticulações e que informações elas passam sobre a aprendizagem dos estudantes de conceitos envolvidos nas atividades de laboratório de química.

No exercício de sala de aula, a mediação é estimulada pela produção de diferentes modos de instrução, e a operação cognitiva de conversão pela reivindicação em realizar mudança de linguagens simbólicas. Ambas instigam a troca de significados, o que capacita apurar significações daquilo que é representado, ao mesmo tempo em que permite explicitar novas significações.

Consequentemente, toda comunicação faz assunções sobre o que o destinatário deverá saber, tomando-as como base para ulterior interpretação, e os indivíduos não interpretam um texto de maneira semelhante, visto que partem de diferentes condições iniciais de conhecimentos, experiências e habilidades, chamadas de experiências colaterais por Peirce (1974, 1977, 1994).

Assim, dentro de uma leitura semiótica, da qual toma parte o referencial multimodal, “sempre que nos manifestamos em qualquer sistema de signos há reciprocidade e conjunção dinâmica entre expressar por meio da forma, refletir por meio do conteúdo e condução de um ato” (ORGASTAD, 2006, p. 247). Enfim, a aprendizagem do conhecimento das ciências da natureza não se revela por uma mera leitura e meditação a respeito dos símbolos e princípios, mas sua interpretação e reflexão surgem igualmente das ações sobre o mundo natural e instrumentos tecnológicos. Ou, como reporta sinteticamente Lemke (2003), todo conceito científico é, concomitantemente, um signo em um discurso semântico verbal e em um sistema operacional de significados de ação.

A apropriação dos conhecimentos científicos na escola costuma prioritariamente se fazer na forma verbal oral e escrita. Todavia, especialmente na instrução de jovens, trabalhos como de Kim et al. (2011) sugerem aos educadores científicos que a imagem convencional estática e abstrata de ensinar e aprender ciências, presa na exclusividade da representação verbal, precisa ser repensada. É preciso, por exemplo, explorar a importância dos gestos e ações – gesticulação – para o ensino e a aprendizagem.

2.2.4 Gesticulação em Atividades Empíricas

As pesquisas em educação científica e matemática tendem a dirigir seus estudos para os gestos de tipo dêitico, icônico ou metafórico (PICCININI; MARTINS, 2004; KENDON, 2004; ROTH; LAWLES, 2002). Diferentemente dos gestos vazios de conteúdo proposicional, com função de prover uma estrutura temporal à comunicação ou facilitar a procura por uma palavra momentaneamente em falta, os gestos discriminados têm função de apontar, encenar ou simbolizar, junto à narrativa, objetos que podem estar ou não presentes (ROTH; LAWLESS, 2002).

Sobretudo no ensino das ciências naturais, as operações e manipulações aplicadas ao mundo empírico são consideradas um modo de representação a ser ressaltado dentre as múltiplas variabilidades representacionais possíveis de serem trabalhadas em sala de aula (PRAIN; WALDRIP, 2006). Além de inerentemente vinculada aos conhecimentos científicos da natureza, o que por si já justificaria a atuação sobre a realidade, a ação prática é igualmente apontada como um modo de representação fundamental para a aprendizagem das ciências (LABURÚ; SILVA, 2011). Isso advém da capacidade da representação manipulativa de participar do pensar científico na medida em que provê, sustenta, constitui, auxilia e subsidia a formação do significado das ideias científicas, juntamente com as representações formais verbais, matemáticas entre outras.

Procedimentos, condutas, gestos e encaminhamentos de ações práticas, ao tomarem parte no manejo de objetos e artefatos científicos, manuseio e composição estrutural de experimentos subsidiam não apenas a elaboração intelectual dos conceitos científicos estudados, mas permitem expressar, por meio do ato, ou mais propriamente da gesticulação que o acompanha, o que está sendo compreendido, ainda que palavras não sejam pronunciadas. Apoiando esse entendimento, Roth e Welzel (2001) manifestam que os gestos contidos na manipulação de materiais concretos no laboratório jogam um papel acessório e colaborativo para a constituição do discurso científico, adiantando-se a ele quando os aprendizes ainda mostram pouco domínio a respeito do assunto. Tais alegações têm no referencial semiótico a seguinte justificativa. Por ele, o mundo material é um signo tanto quanto um símbolo qualquer.

De fato, a realidade dos fenômenos e do signo se misturam. Lembra Peirce (1977) que o “mundo não é feito de coisas de um lado e signos de outro, como se as coisas fossem materiais e as linguagens imateriais” (SANTAELLA, 2005, p.33). Para ele, todo signo encontra-se encarnado em alguma espécie de coisa, ou seja, qualquer signo é também fenômeno; algo que aparece à nossa mente. Toda coisa material é, então, um signo, uma impressão que associamos a outra coisa (SANTAELHA; NÖTH, 2004). A única particularidade desse e de outros signos não verbais com o signo linguístico é que este último produz associações de ideias mais precisas e de forma mais perfeita do que os anteriores, uma vez que ele pertence a um código relativamente pré-estabelecido (SAUSSURE, 1993 apud SANTAELHA; NÖTH, 2004) Logo, as coisas podem funcionar como signos, sem que deixem de ser

coisas. Agir como signos, como representação, é um aspecto das coisas, dos fenômenos.

Efetivamente, mesmo um signo *stricto sensu* possui uma materialidade que percebemos com um ou vários sentidos, sendo, portanto, possível vê-lo, senti-lo, ouvi-lo, tocá-lo ou ainda saboreá-lo (JOLY, 2004). Ora, toda vez que pensamos, como afirma Peirce (1977 apud ECO, 2003), temos presente na consciência algum sentimento, imagem, concepção ou outra representação que serve de signo. A perspectiva semiótica peirceana leva a noção de representação sígnica tão longe que a mesma não precisa ter plena natureza de uma linguagem, mas pode estar expressa em uma mera ação ou reação (p.ex., correr para alcançar alguém), uma simples emoção ou qualquer sentimento como, por exemplo, a qualidade vaga de sentir ternura, desejo, raiva, dor etc. Por conseguinte, ao serem externadas, emoções, ações e reações, entre outras experiências, dão corpo aos pensamentos, produzem e transmitem significados (SANTAELLA, 2005).

Radford (2012) complementa essas posições, esclarecendo que qualquer artefato é carregado de significado social e histórico, afirmação extensível para os experimentos científicos e atividades empíricas no sentido amplo. Mas, para que se cumpram as funções para os quais foram criadas, ações específicas, com suas respectivas gesticulações, devem ser realizadas com fins culturais particulares, pois, fora desses fins, os artefatos e atividades empíricas perdem a atribuição para a qual foram elaborados. Consequentemente, já que ações e gesticulações se veem intimamente ligadas com a concretização de uma representação mental (DUVAL, 2004), por meio da manipulação de artefatos e instrumentos culturais, elas não deixam de ser consideradas entidades simbólicas. A posição do autor é impregnada de concepção vygotskiana. Esta última entende que, no fluxo do pensamento, nem a mão nem o intelecto prevalecem por si só, mas se veem modelados pelos instrumentos e ferramentas da linguagem construída pelo homem, que os usa para o desenvolvimento da sua linguagem interiorizada e pensamento conceitual. De acordo com Vygotsky (2003), o pensamento consegue funcionar sem quaisquer imagens verbais e se manifestar no uso de instrumentos, da mesma forma que o intelecto prático em geral.

As posturas semióticas e psicológicas expostas concordam com a visão epistemológica de que toda observação – termo carregado de um sentido empírico – é realizada à luz de uma teoria. Portanto, o jogo entre o fazer e o compreender ou

entre o manipular e o aprender torna-se íntimo e indissociável. Influenciando um ao outro, eles algumas vezes caminham paralelamente, outras vezes fundem-se, como seria desejável. As leituras precedentes estão presentes e são reforçadas pelo referencial em multimodos e múltiplas representações da educação científica. Por ele, estimular mudanças representacionais como mecanismo de consolidação da aprendizagem em ciências significa empregar igualmente o modo representacional das ações proporcionado pelas práticas experimentais como autênticas trocas ou passagens de representação da linguagem verbal e matemática para a visual/manual, e, também a transcrição do resultado de um experimento em símbolos como a equação que representa uma reação química ocorrida.

A nosso ver, a transcodificação do verbal e matemático para o visual, vinculado ao fazer, ao manusear, é semioticamente isomorfo ao que Joly (2004, p. 73) chama de “materialização do equivalente visual do falado ou escrito”. Segundo a autora, nada há de absurdo nisso, visto ser tal ocorrência comum na publicidade no momento em que se deseja evocar determinados conceitos como, por exemplo, de juventude ou liberdade em um projeto visual. Para o que queremos apontar, isso se traduz na materialização dos abstratos conceitos científicos em ação, em procedimento concreto, objetivando o aprofundamento conceitual e a aprendizagem com significado.

Trabalhos que têm os gestos como objetos de estudo, pela própria limitação dessa representação, servem-se frequentemente das referidas relações para contextualizar o significado de um gesto instantâneo e isolado, sem as quais sua interpretação seria pouco confiante. Entretanto, as ações podem ser pensadas como uma composição temporal de gestos fragmentados que se interligam e dirigem para um determinado fim. Assim, para melhor compreensão da gesticulação, trataremos no próximo tópico, num primeiro momento, da história dos gestos e, em seguida, da definição do termo gesticulação.

2.3 ESTUDO DOS GESTOS

2.3.1 História dos Gestos

Os gestos demonstram importante informação em relação às pessoas que os realizam, sobre seu engajamento com os outros e sobre a natureza de suas intenções e atitudes. As ações do corpo e da face aparentam sentimento e emoções significativas na interação social. Segundo Kendon (2004), os estudos dos gestos são muito antigos. Uma tradição ocidental, entre gregos e depois romanos, reconhecia os gestos como característicos da expressão do ser humano, regulados de acordo com o objeto de persuasão ou discurso efetivo, ou seja, os gestos eram usados como forma de convencimento do público a respeito do conteúdo do discurso. Aristóteles percebeu que parte da técnica usada para expressar oratórias e excitar o sentimento da multidão deveria considerar os gestos, tom de voz e a técnica teatral, baseados em um ideal de um discurso próprio, no qual acreditava. Mais tarde, na tradição romana, estes aspectos de técnica de oratória vieram para validar algo diferente, como, por exemplo, utilizar gestos e expressões faciais na intenção de fazer o público acreditar serem verdadeiros os sentimentos proclamados por meio de um discurso mentiroso.

A mais completa discussão quanto aos gestos na era da oratória romana foi no 11º livro do *Institutio oratória* de Marcus Fabius Quintilianus, do 1º século dC, que trata de todos os aspectos da retórica e fazia parte do programa de educação de jovens oradores. Para Quintilianus os gestos referem-se não somente às ações das mãos e dos braços, mas também do corpo, com a postura que pode assumir, a ação da cabeça, da face, do semblante e a importância destes para a criação do efeito emocional do discurso. Quintilianus enfatiza a importância das mãos, pois “são capazes de descrever uma variedade de movimentos sendo estes quase a expressão da palavra” (apud KENDON, 2004, p.18). Elas são empregadas para hesitação, confissão, penitência, medidas, quantidades, números e tempo. Tem o poder de excitar e proibir, expressar aprovação, apontar lugar e coisas. De fato, “mesmo a fala sendo em várias línguas, as pessoas e nações do mundo têm em

comum a linguagem universal das mãos.” (QUINTILIANUS, 1922 apud KENDON, 2004, p.18).

A obra de Quintilianus somente começou a aparecer na Europa, no final do século XV, assim como alguns tratados de Cícero. A descoberta desses textos causou grande excitação nos círculos humanísticos e, como resultado, a retórica tornou-se uma maneira prática importante do treinamento intelectual. Outras descobertas, no século XVI, tanto políticas quanto religiosas, contribuíram para o reconhecimento da importância do gesto, ensinados em escolas e universidades, principalmente nas jesuíticas. Também era importante a expansão dos contatos entre europeus e pessoas de outras terras, especialmente do novo mundo, pois permitiu que, mesmo com línguas diferentes, pudesse haver comunicação, por meio dos gestos.

Isso contribuiu com a ideia de que uma teoria geral dos gestos fosse possível. Com esses descobrimentos, os gestos foram vistos como uma coisa importante e as escolas começaram a se especializar no tema, assim seu estudo reivindicou o que antes lhes fora negligenciado. Descobriu-se, em relação às ações, uma considerável doutrina corporal concernente aos gestos, constituindo a arte dos gestos. Mesmo não sendo considerada a pantomima² e descrição dos gestos, havia uma extensa definição usada para expressar em detalhes uma atitude mental, uma situação social, e, também, no caso de oratória, aspectos da estrutura do discurso. Regras explícitas puderam ser efetivamente formuladas para exploração dos gestos, a respeito de como e onde o ator ou orador deveria direcioná-los

A ideia de que o gesto é algo intimamente conectado ao natural recomendava aos filósofos do século XVIII que abrissem discussões sobre a possibilidade dos gestos servirem como molde de expressão, independentemente da fala. Era o gesto como um meio autônomo de expressão, considerado de grande interesse. O primeiro pensador do século XVIII a sugerir que o gesto deveria ter sido a forma mais primitiva de linguagem foi Giambattista Vico.

²De acordo com o Dicionário Eletrônico HOUAISS (2009) da língua portuguesa 3.0, pantomima possui quatro acepções: “**1** na Roma antiga, representação dramática com um dançarino solista e um coro narrativo. **2** Rubrica: teatro. representação de uma história exclusivamente através de gestos, expressões faciais e movimentos, esp. no drama ou na dança. **3**a arte de representar exclusivamente através de movimentos corporais. **4** Derivação: sentido figurado. Uso: informal. mentira artilosa; embuste, logro.” As acepções usadas neste texto são a de n.2 e n.3.

Em sua obra *Scienza nuova*, de 1725, formulou uma visão altamente original da origem da linguagem, viu os gestos sendo utilizados como a primeira forma de expressão linguística, com origem, antes de tudo, na capacidade humana de imaginar ou fantasiar, criando imagens para, em seguida, transformá-las em ações que as representava. Em sua visão, os humanos eram mudos e a comunicação, portanto, era feita por gestos e não fala (VICO, 1984 apud KENDON, 2004). Somente mais tarde uma conexão foi estabelecida entre os sinais visuais e a forma, dando, assim, origem à palavra.

De grande importância para os debates sobre a origem da linguagem, no século XVIII, foi o trabalho de Etienne Connot de Condilac, em seu livro *Ensaio na origem do conhecimento humano*, publicado em 1746. Neste, pontua que a origem da linguagem poderia ser entendida por meio da instituição dos sinais que vieram a ser estabelecidos. Sugeriu que a primeira linguagem surgiu como um tipo de institucionalização, criada pela combinação das emoções com as ações corporais, que eram executadas para satisfazer necessidades. Supôs que o gesto natural poderia ser produzido voluntariamente, transformar-se ligeiramente em sinais instituídos, podendo vir a ser realizado como um som vocal, que serviria como sinal instituído, assim sendo convencionalizados os gestos corporais.

Membro do círculo de filósofos, como Condilac, Denis Diderot, escritor da *Encyclopédie*, foi peça crucial para a disseminação das ideias filosóficas na França, trazendo uma grande linha de interesse para as diferenças da capacidade expressiva entre fala e gestos. Segundo Diderot (1916), “há gestos sublimes que a nobre eloquência não pode traduzi-los.” (apud KENDON, 2004, p.38).

No decorrer do século XIX, muitas publicações acerca dos gestos foram feitas, como: *Neapolitan Gesture*, de Andrea de Jorio, 1832; o *Tratado do gesto*, de Edward Tylor, 1865; o trabalho sobre os gestos, inspirado em conhecimentos sobre a linguagem dos sinais dos indígenas da América do Norte, de Garrick Mallery, 1880, e a *Análise dos Gestos em Relação à Linguagem Falada Emergente*, de Wilhelm Wundt, 1901. O livro de Jorio, *Neapolitan Gesture*, foi provavelmente o primeiro estudo etnográfico publicado a respeito da descrição das formas e funções dos gestos. No seu *Tratado do Gesto*, Edward Tylor mostrou como o estudo dos gestos pode auxiliar no desenvolvimento da comunicação simbólica. Nos trabalhos de Mallery, não só encontramos observações detalhadas da linguagem dos sinais, como também sobre o conhecimento do fenômeno da expressão gestual em geral.

Wundt também fez avanços teóricos no estudo dos gestos, em particular a respeito do desenvolvimento da classificação semiótica dos gestos.

Especialmente, os trabalhos de Tylor (1978), no século XIX, contribuíram com a continuidade do interesse, no próximo século, por questões sobre o caráter universal dos gestos, da linguagem falada e, também, por questões a respeito do gesto como uma forma de linguagem que poderia ter precedido a fala, no decorrer da história humana. Em 1859, em seguida à publicação da *Origem das Espécies*, de Darwin, mudou-se radicalmente o pensamento a respeito da origem humana em relação a outras espécies, mas isso não influenciou os trabalhos de Tylor, já que esses se relacionavam à cultura humana (apud KENDON, 2004).

Kendon (2004) também nos diz que Mallery (1978) não fez referência explícita à Darwin, embora devote parte das suas discussões, no relato de gestos humanos e de animais, para mostrar, por outros meios, a influência do pensamento darwiniano. Wundt estabeleceu continuidade entre a linguagem e as expressões básicas do movimento mediado pelos gestos. H. Ling Roth publicou, em 1889, um longo estudo dos gestos. Vários pioneiros da antropologia australiana, incluindo Hoqitt, W.E. Roth, Spencer e Gillem e Carl Strehlow prestaram considerável atenção à linguagem dos sinais dos aborígenes australianos com a finalidade de estudar a importância dos gestos em sua linguagem. Os gestos e o uso dos sinais estavam entre os vários tópicos estudados por A.C. Haddon e seu time, na expedição à ilha de *Torres Straits*, em 1907. Entretanto, no final do século XIX, o interesse pelos gestos e sinais diminuiu, ao menos no mundo inglês. Muitos dos livros ingleses, como o *Tratado do Gesto*, de Edward Tylor (1865), a *Origem das espécies* (1859) e *The expression of emotion in the man and animal* (1872), de Darwin, *Os Aborígenes da Tasmânia* (1890), *Os nativos de Sarawak e a Companhia Britânica do Boréu do Norte* (1896), de H. Ling Roth, apareceram antes de 1915, com inclusão de textos que tratavam de gestos.

No começo do século XX, quando a análise da estrutura funcional das sociedades começou a predominar e a doutrina do relativismo cultural foi estabelecida, o estudo da história da cultura e da sociedade passou a ter menor consideração e a ideia de que a cultura primitiva deveria ser oriunda da evolução humana começou a ser aceita. Dessa forma, o interesse nos estudos dos gestos não poderia ser justificado em um patamar evolucionário e histórico, mas poderia ainda ser considerado no patamar da psicologia ou linguística. Entretanto, estas

disciplinas, também não desenvolveram um caminho que fosse hospitaleiro ao estudo dos gestos.

O estudo da orientação semiótica do gesto, como descrito atualmente, corrobora os trabalhos de Jorio, Tylor, Mallory e Wundt e era de se esperar um aumento de interesse dos linguistas, no entanto, somente na terceira década do século XX apareceram livros que incluíam, extensivamente, tratados de gestos como *The Language of Gesture*, por MacDonald Critchley (1939), *Gesture and Environment*, de David Efron (1941), influenciado por Franz Boas and *Psychology of Gesture*, de Charlotte Wolff (1945). Decorreram mais de trinta anos para que livros sobre os estudos dos gestos fossem publicados novamente.

Em 1977, foi republicada uma versão revisada do livro de Critchley e Desmond Morris: *Manwatching*. Em 1979, Morris e mais dois colegas publicam *Gestures: Their Origins and Distribution*. Kendon (2004) relata que Edward Trager, associado a Sapir, desenvolveu um trabalho chamado de paralinguagem. Neste trabalho mostraram como o método da linguística estrutural poderia ser ampliado como, por exemplo, entonação, qualidade de voz e sons não articulados que os oradores, às vezes, empregavam na fala. Em colaboração com o antropologista Edward Hall, Trager desenvolveu a ideia de que a comunicação compunha um complexo estruturado de códigos nas modalidades de voz, expressão corporal e tudo mais que se usa nos objetos físicos e ambiente físico. A inspiração para esse estudo veio de um trabalho de Ray Birdwhistell.

Emergiu, então, um novo interesse aos estudos dos gestos que seria conhecido como comunicação não verbal, algumas vezes, como comportamento não verbal. Entretanto, durante os anos que o estudo da comunicação não verbal estava em ascensão, na psicologia e psiquiatria, poucos estudos com gestos eram vistos. O retorno do gesto como foco do interesse certamente foi desenvolvido pela linguística, com o estudo da aquisição, por macacos, da cognição e linguagem. Juntamente com esses tópicos, ocorreu parte do desenvolvimento dos estudos da comunicação não verbal.

A tecnologia áudio visual trouxe vantagem para detalhes de movimentos e permitiu perceber como os gestos e a fala estavam relacionados, pelo fato de as duas atividades estarem intimamente conectadas. Estudos em comunicação demonstram que gestos são frequentemente utilizados, momento a momento, todos os dias, como uma forma de expressão alternativa da fala e também como uma

conjunção com esta (KENDON, 2004). Os gestos atraíram interesse por três motivos. Primeiro, por parecerem ser a forma universal e natural de expressão. Segundo, por alguma coisa espontânea ser criada por meio de algo individual. E o terceiro e principal motivo do interesse pelos gestos, nos últimos anos do século XX, em especial, devido à linguagem de sinais.

Assim, como discorre Kendon (2004), uma atenção maior aos gestos evidenciou-se no final do século XVI. No século XVII, cogitou-se a possibilidade de que os gestos pudessem formar a base da linguagem universal. No século XVIII buscou-se explicação para a origem da linguagem e atribuíram aos gestos um meio pelo qual a linguagem foi formada. No final do século XIX, o interesse pelos gestos declinou e só voltou a ser revisto a partir da década de setenta do século XX, quando, em 1996, ocorreu a primeira conferência voltada para o estudo dos gestos em Albuquerque, Novo México, e, em 2001, quando foi lançado um periódico devotado aos gestos. No final da quarta década do século XX, com a tecnologia de gravação de áudio e a gravação sincrônica audiovisual começou a ser possível para estudantes do comportamento humano avaliarem seus trabalhos.

Nos anos seguintes, que precederam a segunda guerra mundial, filmes e fotografias começaram a ser usados nos trabalhos antropológicos. O uso da tecnologia forneceu novos e fortes modelos gerais para análise do processo de comunicação e ofereceu expectativa para o estudo da comunicação humana provida de poderosos e novos conjuntos para análise. Essa aparente dicotomia entre analógico e digital, na comunicação humana, compôs o conceito de comunicação não verbal.

Comunicamo-nos por palavras, que são bonitas, excitantes, importantes, mas não representam a mensagem total. Elas são complementadas pela comunicação não verbal, que muito colaborou para a construção humana (DAVIS, 1979). Foi Charles Darwin quem mostrou a importância de se estudar a comunicação não verbal com a publicação do seu livro *The expression of emotion in the man and animal*, em 1872. No entanto, passou-se quase um século após a publicação de Darwin para que o assunto fosse tratado com o devido respeito acadêmico (DAVIS, 1979; RECTOR; TRINTA, 1985), tendo seu estudo ampliado em meados do século passado.

2.3.2 A Comunicação Não Verbal e os Gestos

Ao encontrarmos um estranho, é comum formarmos uma impressão imediata sobre o tipo de pessoa que ele é pela análise de pequenos detalhes, como, por exemplo, de como ele está, como usa as mãos, os movimentos de seus olhos e expressões faciais. As conclusões que tiramos podem ou não serem corretas, mas certamente afetam as ações futuras em relação à pessoa (HINDE, 1972).

Ao começarmos a conversar com este estranho, nossas palavras serão acompanhadas por outros gestos que poderão elucidar, enfatizar, melhorar e até contradizer o que dissermos (RECTOR; TRINTA, 1990). No início e no final de nossa conversa, utilizamos sinais culturalmente determinados, como apertos de mão ou ondulação da mão (tchau), que simbolizam a nossa disponibilidade para entrar em convivência amigável ou a nossa partida iminente (HINDE, 1972). Em todo este episódio, muita informação passa por nós sem que uma palavra seja colocada. Uma terceira pessoa, observando de longe, mas impossibilitada de ouvir a nossa conversa, seria capaz de dizer muito sobre nós e do nosso relacionamento apenas observando os gestos realizados.

No campo das artes, utiliza-se muito a gesticulação. O dramaturgo pode fornecer apenas as palavras a serem ditas, mas o significado que estas transmitem ao público vai depender da maneira como será colocada na interpretação dada a eles pelo diretor e atores, e isso é levado em conta nas ênfases particulares, expressões faciais, gestos, posturas e movimentos que as acompanham. Também romancistas são capazes de fornecer aos seus leitores maiores informações sobre os sinais não verbais emitidos pelos personagens que eles criam, ainda que estes cumpram apenas uma pequena fração dos que estariam presentes na vida real.

O sucesso do pintor, quando descreve um rosto humano ou forma, depende, em parte, de como vai representar os sinais não verbais e seu reconhecimento por parte do observador. Sua habilidade está sujeita a longa e paciente observação sobre como as pessoas se comportam. Ou seja, usamos sinais não verbais quase o tempo todo inconscientemente, sem reconhecer que o estamos fazendo (HINDE, 1972; RECTOR; TRINTA, 1990).

O termo comunicações não verbais é aplicado a gestos, posturas, orientações do corpo, singularidades somáticas, naturais ou artificiais, e até a organização de objetos e relações de distâncias entre os indivíduos, graças aos

quais uma informação é emitida (CORRAZE, 1982). A maioria das pessoas percebe a gesticulação alheia, mas, em geral, ignora-a, não lhe atribuindo nenhum sentido. Contudo, esses gestos comunicam. Às vezes, eles ajudam a esclarecer, quando a mensagem verbal não é muito clara. Em outros momentos, eles revelam, de modo involuntário, as emoções. Grande parte da gesticulação comum vincula-se ao discurso, como uma forma de ilustrar ou sublinhar o que se diz (DAVIS, 1979).

Estamos em contínua comunicação, o tempo todo falamos com o corpo e o nosso corpo fala de diversas maneiras e em diversos níveis. Falamos por intermédio de nossas emoções (trememos de medo, coramos de vergonha), que, em sentido próprio (GUIRAUD, 2001), são movimentos de nosso organismo. Esses signos são naturais, espontâneos e mais ou menos inconscientes. Originalmente naturais, sua função é, de início, conhecer o caráter, o estado de saúde, os sentimentos do outro, são utilizados “artificialmente” para dar conhecer o nosso próprio caráter. Desse modo, um código gestual trata-se verdadeiramente de um código que apresenta as principais características da linguagem articulada, ou seja, a transmissão da informação. Esses fatos são evidentes, conhecidos e submetidos à investigação da linguística e da semiologia.

As comunicações não verbais, de acordo com Corraze (1982), utilizam três espécies de suportes. Primeiro, o corpo, nas suas qualidades físicas ou fisiológicas e nos seus movimentos. Segundo, os artefatos associados ao corpo, como roupas, tatuagens. Existem artefatos que se prendem ao meio ambiente e todos os produtos da habilidade humana podem servir à comunicação. Por último, a dispersão dos indivíduos no espaço, quer se trate de um espaço físico ou territorial ou do espaço que cerca o corpo ou está a ele ligado. Assim, fonte de informação que interpretamos com o auxílio de códigos, nosso corpo “fala”.

Por outro lado, nós “falamos” com o corpo mediante um sistema de gestos, de mímicas, de deslocamentos e de gritos que utilizamos com vistas a transmitir informações por meio de signos naturais mais ou menos codificados por cada cultura. Imaginamos o mundo segundo o modelo de nosso corpo e, assim, formamos um conjunto de conceitos e de palavras a partir de imagens corporais (GUIRAUD, 2001). Dessa forma, falamos por meio do corpo, na medida em que nos servimos de gestos, mímicas e pantomimas corporais para transmitir informações, ou seja, fazemos o corpo falar, ao utilizá-lo como modo de expressão de uma realidade extracorporal.

Pantomima, como já dissemos, é a arte de narrar com o corpo, ou seja, é a arte do movimento corporal que conta, objetivamente, os porquês de uma história, é a síntese dos pensamentos e dos sentimentos. Ela tem por lei a objetividade, é espiral e infinitamente dialética e, assim, passa para o interpretante todas as ações e mensagens por meio das gesticulações. A atividade física ou quaisquer atividades que impliquem o manuseamento de objetos e aparelhagens são outros tipos de movimentos do corpo que não se referem à fala, mas que podem ser acompanhados por ela. Rector e Trinta (1990) dizem que, por meio de movimentos visíveis, mas não audíveis, a comunicação gestual é uma expressão do pensamento.

O *Continuum de Kendon*, denominação estabelecida por McNeill (1992), não é formado por categorias distintas, pois há a possibilidade de identificar uma confluência dos fenômenos em determinados comportamentos gestuais e linguísticos. O *Continuum* refere-se ao aspecto da convencionalidade e ao valor comunicativo dos gestos, tendo em conta o papel da fala para a compreensão dos mesmos.

Figura 3 – Continuum de Kendon

Gesticulação → Pantomima → Emblemas → Língua de sinais

Fonte: Kendon (2004, p.104), MacNeill (1992, p.37)

A pantomima não ocorre como discurso, também não segue restrições formais e não faz parte da convenção de uma língua. E os gestos integrados podem revelar-nos sobre o processamento de informações através de canais diferentes.

Assim, pessoas podem se referir a alguma coisa ao apontá-las, podem empregar as mãos de maneira organizada, em ações complexas, para mostrar o que parece ser, para indicar seu tamanho ou sua forma, para sugerir uma forma, objeto ou processo pelo qual uma ideia abstrata é ilustrada, ou podem mostrar, por meio de ações corporais visíveis, que estão fazendo um questionamento, um pedido, propondo uma hipótese, duvidando da palavra de outro, negando alguma coisa ou indicando concordância a respeito disso e muitas outras coisas (KENDON, 2004).

A pantomima são gestos que simulam ações ou personagens executando ações. As mãos desenham objetos e ações, mas a fala não é

obrigatória. Uma ação é derivada de uma pantomima que serve como um símbolo para o conceito de alguma coisa, ou seja, primeiro são criadas representações das coisas por meio dos gestos aos quais se pretende referir e, em seguida, são usados elementos para essa representação como signos para estas coisas. Kendon (2004) considera gesticulação como os gestos que acompanham a fala, envolvendo movimentos de braços, cabeça, pescoço, postura corporal e pernas.

O 'sistema gestual' (*gesture*), como sugere Kendon (2004, p. 15), “é um rótulo para ações que manifestam deliberada expressividade”. Essa expressão nos remete a uma definição da semioticista Santaella (2005, p. 59) quando ela diz que:

‘Intencionalidade’ é um termo filosófico para expressar o poder da referencialidade de um sistema. Na medida em que a informação contida e elaborada por um sistema processador de informação a respeito de alguma coisa, ou melhor, na medida em que a informação funciona representativamente - os estados e processos daquele sistema são intencionais.

Os estudos a respeito de linguagens não verbais auxiliares da linguagem articulada, nos quais os gestos ou outros movimentos corporais acompanham a fala, deu origem à cinésica ou estudo dos gestos e mímicas; à proxêmica ou estudo das posições do corpo no espaço cultural, como, por exemplo, o abraço, a posição num cortejo, a distância mantida entre os interlocutores e à prosódica ou estudo das entonações e variações da voz por meio das quais se exprimem os sentimentos e intenções dos interlocutores (p. ex., gritos, risos, suspiros, lágrimas).

Do grego *kinesis*, cinésica significa “movimento”, que pode ser “movimento do corpo” e “movimento da alma, emoção”. A análise cinésica incide sobre trejeitos faciais, posturas corporais e a gesticulação (RECTOR; TRINTA, 1990). Foi Ray L. Birdwhistell quem criou o termo cinésica ao sistematizar as comunicações não-verbais que envolvem o movimento do homem, segundo o modelo linguístico nos anos quarenta, e fez delas o objeto de seu ramo de estudos. Para Birdwhistell certos elementos, desprovidos de sentido, se juntam para produzir organizações significativas, que, por sua vez, se combinam para produzir outras mais complexas. Ele decodificou os sinais do corpo, fazendo uma analogia entre os gestos e a linguagem verbal, em que o discurso pode ser repartido em palavras, sentenças e parágrafos, criando unidades chamadas de cine e cinema (CORRAZE, 1982; DAVIS, 1979; RECTOR; TRINTA, 1990).

A linguística distingue, tradicionalmente, duas formas principais da linguagem articulada, que nos serve, por um lado, para designar as coisas tais como são (ou nos parecem ser) objetivamente em sua realidade e, por outro lado, para exprimir o que sentimos diante dessas coisas, o juízo que fazemos a respeito delas e o valor que lhes atribuímos. Fala-se, geralmente, em linguagem cognitiva e descritiva, para o primeiro caso ou afetiva e expressiva para o segundo. A linguagem gestual corresponde bem a essa dupla função, como quando, por exemplo, “descrevemos” o comprimento (de um objeto) por um afastamento das duas mãos ou “exprimimos” a indiferença por um erguer de ombros (GUIRAUD, 2001).

Poderíamos, aqui, conceituar significados topológicos e tipológicos dessas representações.

Um exemplo deste último é a linguagem verbal. Esta forma é mais poderosa para expressar raciocínios semânticos, qualificar ideias ou realizar relações entre categorias. Opera, primariamente, por contrastes entre aspectos mutuamente exclusivos, sendo relativamente limitada e tendo poucos recursos para expressar significados quantitativos ou de grau. Quando se faz necessário estabelecer referências desses tipos, as linguagens topológicas visuais, como gestos ou desenhos, são recursos semióticos que melhor exprimem significados dessa natureza, apresentando maior força do que a linguagem tipológica (PRAIN; WALDRIP, 2006; LEMKE, 2003 apud LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011).

Laburú, Barros e Silva (2011, p.243) observam ainda que “a fala e o gesto podem ser elementos de um único e integrado processo de formação da expressão em que há uma síntese de modos opostos de pensamento”. A fala é produzida linearmente dentro de uma temporalidade de mesma qualidade, sendo decomposta para análise de maneira hierárquica. Ao contrário, “o gesto, [...], tem seu significado derivado de um todo e é fixo temporalmente” (ibid).

A forma de um gesto pode também exprimir o que a gramática da linguagem articulada chama de modos da ação, conforme seja este objeto de uma asserção, de uma interrogação, de uma ordem, de um desejo, pode assinalar seu aspecto (lento ou rápido, por exemplo). Um dos usos do gesto mais frequente é a afirmação e a negação que exprimimos por um movimento vertical ou horizontal da cabeça.

Em geral, todo signo é, de fato, etimologicamente motivado, na medida em que sua criação é determinada por uma relação fonética, morfológica e semântica entre a forma do signo e aquilo que designa. Mas os signos tendem a

desmotivar-se, deixando de ser percebida a relação entre o significante e o significado. Neste caso, o signo funciona apenas por convenção.

A maior parte dos signos gestuais resiste a essa evolução. É o que faz sua espontaneidade, sua liberdade e, sem dúvida, sua grande generalidade. Dessa forma, a cinésica, enquanto prática não verbal, serve ao controle individual das interações sociais na emissão e recebimento das “mensagens silenciosas” (RECTOR; TRINTA, 1990). É preciso ressaltar que, para compreensão da cinésica, ao estudar os movimentos corporais que possuem um valor significativo convencional, é necessário considerar o pressuposto de que nenhum movimento ou expressão corporal é destituído de significado no contexto em que se apresenta. Não existem gestos universais, no processo de comunicação, existe, sim, sincronia, ou seja, uma pessoa exerce influência sobre a outra e, por fim, alguns comportamentos apresentam significados socialmente reconhecidos (RECTOR; TRINTA, 1990).

Ekman e Friesen (1969, apud RECTOR; TRINTA, 1990, p.61-62) agrupam os movimentos corporais conforme “o uso” (circunstâncias ambientais que cercam o ato não verbal), “origem” (comportamento não-verbal passa a fazer parte do repertório de cada indivíduo como fonte de ação) e “categoria” (classificação hierarquizada dos comportamentos não verbais, propriamente ditos). Esses autores entendem que, “para melhor compreensão das suas características, os movimentos corporais podem ser classificados em cinco tipos: emblemáticos, ilustradores, reguladores, manifestações afetivas, adaptadores”.

Os emblemáticos são usados intencionalmente, ou seja, o emissor tem consciência e controle sobre eles. Esses signos fazem parte da cultura e, portanto, são aprendidos e ensinados. A ênfase é dada ao uso das mãos, braços, movimento dos músculos faciais e da cabeça. São gestos simbólicos como o dedo indicador sobre os lábios como sinal de silêncio, o balançar a cabeça como sinal de negação ou afirmação;

Os ilustradores são signos conscientes, mas não tanto quanto os emblemáticos. São atos não verbais que acompanham diretamente a fala e servem para enfatizar a frase ou palavra. São gestos aprendidos por imitação como, por exemplo, os movimentos que apontam para mostrar o tamanho de um objeto, movimentos que denotam uma relação espacial ou uma ação corporal;

O terceiro tipo de movimento corporal é chamado de reguladores, são gestos difíceis de inibir. Esses atos não verbais regulam e mantêm a comunicação entre dois interlocutores. Os gestos sugerem ao emissor que repita, elabore, apresse-se, torne-se mais interessante ou dê ao outro a oportunidade de falar. Exemplos são os meneios positivos da cabeça que reforçam a continuidade da fala do outro, o movimento dos olhos na direção da pessoa reforça a fala, enquanto que o desvio causa inibição;

As manifestações afetivas são o quarto tipo de movimento corporal. São manifestações faciais que expressam estados afetivos e são facilmente identificáveis por outras pessoas, sem a necessidade de aprendizado. Podem ser exemplificadas pelas expressões faciais de tristeza, alegria, medo, antipatia.

Por fim, os de quinto tipo, os adaptadores são caracterizados por gestos mais difíceis de definir, pois não estão diretamente ligados a fala e ocorrem quando usamos parte do nosso corpo para compensar sentimentos como insegurança, ansiedade ou tensão. Temos alguns exemplos como roer as unhas, balançar as pernas, brincar com o lápis ou outros objetos, mexer no cabelo.

O gesto, ao figurar numa categoria, não significa estar excluído de outra. Alguns gestos se sobrepõem ou se confundem com outros devido a sua forma e/ou significado. Não devemos nos esquecer que a comunicação não pode ser estudada em unidades isoladas, mas enquanto sistema integrado a ser analisado como um todo, dando atenção à maneira como cada elemento se relaciona com os demais, não só em relação aos gestos, mas a todas as formas de comunicação verbal ou não verbal (DAVIS, 1979, p.20).

Assim, o gesto é apenas parte de um todo e, por esta razão, está sujeito a tantas interpretações quantas forem as pessoas que o estudam. É necessário integrar cada indício ao seu contexto, sua cultura, ou seja, só podemos tirar alguma conclusão após termos observado a totalidade dos gestos e sinais de cada indivíduo.

Goldin-Meadow e Beilock (2010) afirmam que é impossível falar sem usar as mãos, pois os gestos proporcionam pistas visuais a respeito do nosso pensamento e pode até mudar nossos pensamentos e transformá-los em ação. Em um estudo realizado com voluntários, os quais precisavam solucionar um problema matemático chamado de *Torre de Hanoi*, era necessário transferir discos de madeira

entre dois pinos. Terminada a ação, aos voluntários foi pedido para explicarem como descobriram a solução.

Suas explicações foram acompanhada por gestos. Após explicarem como haviam solucionado o problema, tornaram a resolver o mesmo problema, mas com diferenças relativas aos discos usados inicialmente. Para alguns voluntários as massas dos discos foram modificadas, ficando os discos menores mais pesados que os grandes. Dessa forma, o disco que antes poderia ser movido com uma mão agora precisaria das duas mãos. A análise dos dados mostrou que os voluntários que resolveram o problema sem ter o peso modificado, foram mais rápidos que anteriormente na mesma atividade. Os outros que tiveram o peso modificado e na sua explicação utilizaram apenas uma mão para se referirem ao disco pequeno, tiveram mais dificuldade na segunda tentativa de solucionar o problema. A conclusão foi a de que gesticular sobre uma ação parece consolidar a representação mental dos componentes da ação refletida no gesto. Quando esses componentes são incompatíveis com as ações que o seguem, o desempenho na resolução do problema se altera. Quando os componentes são compatíveis com ações futuras, gesticular, presumivelmente, facilita as ações, concluem Goldin-Meadow e Beilock (2010).

2.3.3 Gestos como Recursos Semióticos

Toda comunicação é feita por intermédio de signos e comunicar-se é tão importante quanto andar e respirar, pois além de impedir o isolamento “serve à sobrevivência individual e coletiva, e às extensas redes de troca social pelas quais se forma e se transforma a própria realidade” (RECTOR; TRINTA, 1990, p.7). Assim, comunicar é atuar sobre a sensibilidade de alguém, é mobilizá-lo, convencê-lo ou persuadi-lo, compartilhar emoções, é transmitir um ato sêmico (PIETRO, 1973), como ordens, informações ou interrogações a fim de partilhar ideias, tendo nosso corpo como instrumento, e por isso, tem chamado a atenção de psiquiatras, psicólogos, biólogos e educadores.

Como signo ou recursos semióticos, podemos considerar tudo o que possa significar algo para alguém. Dentro dessa gama de concepção de signo, os gestos são importantes recursos semióticos em relação estrita com os signos mais

tradicionais (como a linguagem falada ou escrita, símbolos matemáticos, e assim por diante). Recentemente, também Radford³ (2003) sublinhou muitas características em comum entre gestos e outros signos. Os gestos ilustram a enunciação verbal (PICCININI; MARTINS, 2004) e esta especifica o sentido do gesto, mas, além disso, gestos podem dizer muito das atividades dos estudantes em aulas experimentais de química. Eles auxiliam na elaboração de significados, permitindo a expansão de sentidos, e, considerado dentro do processo semiótico, o signo pode ser estudado e analisado.

De acordo com Eco (1985), os signos do que se comunica podem ser denominados artificiais, quando emitido conscientemente, com base em convenções precisas para comunicar algo a alguém. Os signos emitidos sem o saber, mas interpretados dentro de um contexto são classificados como signos naturais. Esses signos não intencionais, dentre eles os gestos, são atos executados pelo ser humano e perceptíveis por outros como artifícios sinalizadores, que revelam algo mais, como, por exemplo, interesse, desolamento, alegria.

São propriedades reveladoras não conscientes do comportamento do emitente (ECO, 2003). Há casos em que é possível identificar a origem cultural de quem gesticula, nesse caso, seus gestos possuem uma clara capacidade conotativa e, mesmo sem conhecer o significado socializado dos vários gestos, podemos sempre reconhecer quem gesticula como um italiano, um judeu e assim por diante (ECO, 2003).

Os gestos, assim como as expressões verbais, são exemplos de representações. Alguns autores creem que essas representações apenas servem para facilitar os modos verbais. Outros imaginam que elas têm uma função substitutiva para um item léxico temporariamente inacessível. Há, ainda, aqueles que defendem que os gestos corporais e a fala são partes da mesma fonte cognitiva, sendo capazes de revelar aspectos do conteúdo mental ao mostrar os pensamentos internos e maneiras de entender os eventos do mundo do falante, assim funcionariam como janelas para acessar o pensamento (RADFORD, 2009). Tais perspectivas pertencem a uma longa tradição estabelecida, que vê o pensamento

² Ver a noção de meios semióticos de objetivação em Radford, L. Elements of a cultural theory of objectification. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Special issue on semiotics, culture and mathematical thinking, p. 103–129, 2006.

como sendo uma atividade puramente mental, algo imaterial, impalpável que ocorre independente do corpo e atua unicamente na cabeça.

Numa perspectiva diferente, a atividade mental deixa de ocorrer somente na cabeça, mas também ocorre na e através de uma sofisticada coordenação da fala, corpo, gestos, símbolos, ações e reações sobre ferramentas e sobre o meio natural. De acordo com esse ponto de vista, segue que qualquer atividade corpórea tem relevância cognitiva. Em Gehlen (1988apud RADFORD, 2009, p. 114) vemos que o ato de conhecer só é capaz de ser assegurado por meio de uma experiência multissensorial do mundo e por um tipo de apreensão autossensorial das coisas. Já em 1923, Ogdan e Richards (1989, p. 49) reconheciam que:

As mais importantes classes de coisas com as quais temos conhecimento direto são nossas próprias sensações, que podem ser chamadas experiências, as ideias e significados, sobre os quais temos nossos pensamentos e que podem ser chamados entendimento, e os fatos ou características ou relações dos dados do sentido ou significados, que podem ser chamados de percepção.

Essa percepção e entendimento podem ser expressos por meio da gesticulação e permitir que outros acompanhem o desenvolvimento da atividade mental. O conhecimento dos objetos decorre de uma complexa e variada representação sensorial e de um cruzamento plurirrepresentacional em que a tomada de consciência é multissensorial e multicognitiva. A plasticidade e colaboração dos vários sentidos humanos contribuem para essa apreensão. A compreensão inicial mais completa de um objeto, como uma vara, por exemplo, passa pela avaliação visual de seu comprimento, mas sua rigidez ou peso apenas podem ser abstraídos por meio de uma experiência tátil, contando pouco o visual.

Por isso, cada representação suporta processos cognitivos que são mais ou menos fáceis de realizar em um sistema semiótico do que em outros. A representação gestual considera a componente representacional, entre outras, essencial para assistir a apreensão dos conteúdos científicos dos estudantes. De maneira semelhante às representações semióticas (DUVAL, 2004), em forma de palavras ou de registros matemáticos, os gestos expressam ideias, ainda que nem sempre emitidos intencionalmente como instrumento simbólico de comunicação ou possuindo o potencial de expressar ideias dos outros dois. As pesquisas nesse campo indicam que os gestos não se caracterizam apenas por sua natureza

complementar de produção e troca de sentidos, mas de apoio e ajuda para que as primeiras ideias dos abstratos conceitos científicos dos estudantes comecem a ser construídas.

Originárias de uma tradição de estudos do corpo (GUIRAUD, 2001), as pesquisas correntes em educação científica, ao investigarem a influência dos gestos de professores e estudantes em sala de aula, tendem a enfatizar o gesto súbito produzido por eles em momentos instrucionais. Por ser o gesto um signo, a questão é estabelecer que significado o mesmo transmite e quais consequências de interesse educacional podem advir disso. Comparecendo com papel auxiliar e complementar do discurso protagonizado por um emissor (professor ou aluno), os gestos apresentam variadas funções de indicação, e devido as suas presenças concatenadas ao contexto discursivo são úteis para interpretá-lo.

No entanto, em ambientes nos quais a atuação empírica se mostra necessária, como em salas de laboratórios didáticos, por exemplo, em que ações sobre artefatos, objetos e manipulação de instrumentação científica e experimentos se fazem presentes, os gestos instantâneos, por se constituírem de subunidades das ações, veem-se limitados na maneira pela qual podem ser utilizados junto às pesquisas, haja vista o número de publicações referentes a eles.

2.3.4 Gestos nas Pesquisas em Educação Científica

Na evolução humana, o sistema gestual teve papel crucial para conduzir à linguagem (THE ORIGINS, 2008). No hemisfério esquerdo do cérebro são encontradas as áreas de Broca e Wernicke, responsáveis pela produção da linguagem e compreensão, respectivamente. Ambas trabalham juntas, via um corredor neural que as conecta, permitindo que entendamos o que ouvimos. Entretanto, a língua de sinais deve possuir uma primitiva, indelével e específica importância, pois as duas áreas são ativadas pela gesticulação pantomímica, possibilitando entender o movimento de um sinal e interpretá-lo. Tal ocorrência tem sido interpretada como base evolucionária da compreensão dos sons de uma linguagem. Assim, a linguagem desenvolvida a partir dos gestos tornou possível sua codificação. Seu significado, sua interpretação, formulação e transmissão acabaram por formar um núcleo comum durante a evolução humana.

No campo da semiótica, a implicação dos multimodos de representação para a atividade de pensamento e a apropriação dos significados passa por várias perspectivas teóricas que se esforçam por entender a dinâmica entre gesto e verbalização. Alguns autores creem que o primeiro apenas serve para facilitar o último. Outros imaginam que ele tem uma função substitutiva para um item léxico temporariamente inacessível. Há os que defendem que em vez de reforçar a mensagem verbal, o não verbal participa, muitas vezes, de maneira incontrolada, inconsciente e não intencional, inclusive, estando em contradição com o conteúdo proposto pela fala articulada (SANTAELA; NÖTH, 2004).

Há, ainda, aqueles que defendem que os gestos e a fala são partes da mesma fonte cognitiva. Enquanto a fala é composta de segmentos que são produzidos segundo uma temporalidade linear e que precisam ser estruturados segundo uma hierarquia analítica possível de ser decomposta, o gesto tem seu significado proveniente de um todo fixo e momentâneo. Ele resulta de uma imaginação instantânea, sinteticamente global, não sendo decomposto em partes separadas (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009) e são capazes de revelar aspectos do conteúdo mental ao mostrar os pensamentos internos e maneiras de entender os eventos do mundo do falante, assim, funcionariam como “janelas para acessar o pensamento” (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009, p. 93).

Algumas dessas perspectivas pertencem a uma longa tradição estabelecida que olha o pensamento como atividade puramente mental, algo imaterial, impalpável que ocorre independente do corpo e atua só na cabeça. Um ponto de vista diferente deste compreende que a atividade mental deixa de ocorrer somente na cabeça, mas acontece também na e por meio de uma sofisticada coordenação da fala, corpo, gestos, símbolos e ações sobre o meio. Segue daí que qualquer atividade corpórea tem relevância cognitiva e como para Roth e Lawless (2002) os gestos são um profundo traço da cognição, eles não podem ser dissociados da proeza intelectual que acompanha os indivíduos.

Particularmente, então, em havendo alguma coisa que possa vir a auxiliar a iluminar a intrincada construção do pensamento científico e matemático dos estudantes e dar profundidade aos seus conhecimentos, esta deve ser buscada em gestos, olhares, ações e outras produções semióticas, e não apenas em testes, questões e avaliação escrita padrão (O'BYRNE, 2009). Sem desvalorizar o papel destas últimas e dos símbolos escritos normalmente vinculados a elas, a ideia de

que a cognição científica e matemática não despreza outros tipos mediadores de signos deixa de ser problemática.

Quando os estudantes se engajam em conversações na presença de objetos materiais, estes proveem uma base fenomenológica contra a qual os sujeitos podem encenar gestos que dão corpo às abstratas entidades conceituais (ROTH; LAWLESS, 2002). A pantomima, a cinética da ação corporal, em razão das próprias dinâmicas cronológicas gestuais ou figurativas envolvidas, tem, nesse aspecto particular, aproximação com a fala ou a leitura. Possibilita modificações visuais surgidas das relações das partes com o todo e que podem ser realizadas mentalmente ou fisicamente independentes de qualquer conhecimento específico.

Diferentemente do signo verbal, também os gestos, as ações manipulativas, as imagens visuais, a textura, o paladar, o cheiro são signos analógicos, visto serem capazes de envolverem uma relação contínua. Eles podem significar infinitas sutilezas que vão além das palavras. Por exemplo, emoções e sentimentos são significados analógicos que não podem ser diretamente relacionados a um léxico de dicionário ou de uma sintaxe padronizada da maneira semelhante ao signo linguístico. Os códigos analógicos são capazes de nos deixar levar, revelando atitudes, disposição, intenção e veracidade entre outras coisas.

A qualidade analógica gradual desses códigos, ao mesmo tempo em que se mostram pobres em precisão e complexidade sintática, podem, por oposição, enriquecer o significado do que está sendo pensado (CHANDLER, 1995). Gehlen (1988 apud PRAIN; WALDRIP, 2006) afirma, assim como fazem os defensores do programa de múltiplas representações, que o pensamento, a imaginação e a representação repousam sobre uma larga base de funções sensoriais expressas por meio das mãos, olhos e linguagem. Seria uma simplificação indevida tentar atribuir à linguagem os meios sensoriais, ou afirmar que aquela evolui destes, como lembra o próprio Gehlen (1988, apud RADFORD, 2009). O problema é mais complicado do que isto, pois o meio ambiente em que os humanos vivem não é um meio ambiente “natural”, mas simbólico, transformado previamente pela atividade humana (RADFORD, 2009).

Embora a linguagem possa ser considerada uma extensão de um sistema de interrelações profundas, enraizadas de movimento e sensações (GEHLEN, 1988, apud RADFORD, 2009), ela dificilmente se reduz a esse sistema. De fato, o encontro com os significados historicamente construídos da ciência vai além do

reino sensorial das coisas e do senso comum que seus termos possam vir a ser usados na vida diária. Assim, o significado não se restringe a uma mente individual, da mesma forma que não pode ser separado do reino dos signos que são trocados entre os membros de uma comunidade. O significado é uma categoria social, só alcançado em território interindividual (KUBLI, 2005 apud RADFORD, 2009). A manifestação da linguagem se faz ontologicamente a partir da sensação e da prática comunicativa, porém é tanto subjetiva quanto social.

A consequência das colocações acima é de que cada modo de representação pode ser considerado como parte da tentativa sensorial do indivíduo para tratar e se apropriar das ideias abstratas da cultura, ou seja, dos significados dos seus signos. O compartilhamento cognitivo decorrente disto, do qual depende a interação e a comunicação, resulta de uma multiplicidade de métodos tácitos de formas de racionar impregnadas nas representações. E assim como a linguagem está para o desenvolvimento do pensamento, como coloca Vygotsky (2003), gestos e ações igualmente atuam junto à verbalização para a formulação do pensamento. Em suma, o processo simultâneo de verbalização, gesto e ação agencia, por integração mútua, o pensamento e é promotor do significado. Cada representação sónica, ao operar com recursos mentais de eficácias intelectuais diferentes, leva ao aprofundamento da compreensão conceitual.

Como atividades corporais se consideram os gestos, as posturas, as expressões faciais, os comportamentos. Tais atividades foram estudadas nos anos 1940 para entender a produção de organizações significativas que combinadas geravam outros significados mais complexos. Debaxo desses interesses a cinésica se consolida como um ramo de estudos que decodificou e sistematizou as comunicações não verbais do movimento e sinais do corpo (PIMENTA, 2006; RECTOR; TRINTA, 1990; CORRAZE, 1982).

Por sua vez, estudos bem mais recentemente e especificamente voltados à investigação gestual na área de educação matemática e científica (PING; GOLDIN-MEADOW, 2010; EDWARDS, 2009; RADFORD, 2009; ARZARELLO et al., 2009; ROTH, 2001) veem concentrando seus interesses no papel dessa representação para o desenvolvimento do pensamento e da comunicação do discurso matemático e científico. Eles sustentam que enunciados orais e escritos, em diversos momentos instrucionais, podem se tornar pouco compreensíveis na ausência de gestos. Além disso, ressaltam a relevância dos gestos para

esclarecimento dos pronunciamentos emitidos pelo professor ou estudante quando comunicam informações que a verbalização omite, assim como o papel que eles têm de complemento ou de ênfase, tal qual a prosódia.

Aliás, quando se trata da linguagem oral, a gestualidade, assim como as pausas, paisagens do rosto, sutilezas do olhar e posições do corpo no espaço, tudo ajuda a roteirizar as junções e disjunções da fala com aquilo sobre o que se fala (SANTAELLA, 1995). Com função de acompanhamento do discurso, o referido modo de representação permite que várias ambiguidades e más interpretações cometidas pelo professor possam ser evitadas. Particularmente, quando o ambiente de ensino comporta as atividades experimentais mencionadas, ultrapassar as limitações do modo verbal é até mesmo mais crucial.

A explicação pelo aluno de um procedimento experimental praticado por ele, mediante relato oral ou escrito, restringe o julgamento do professor a respeito do compreendido pelo estudante. Neste caso, a avaliação perceptual mostra seu valor, pois, parte do que os aprendizes querem expressar, a verbalização pode deixar de transmitir (KIM et al., 2011). Um ponto relevante a destacar refere-se à discrepância existente entre gestos e o falado por estudantes mais jovens em momentos em que estão em estado de transição de entendimento. Observam Goldin-Meadow e colaboradores (1986, 1992, 1993, apud ROTH; LAWLESS, 2002), que, nessa condição de transição, a competência linguística dos estudantes costuma se encontrar pouco desenvolvida para ser expressa na modalidade verbal, embora os gestos descrevam novos entendimentos. Daí que a articulação verbal e gestual integrada permite que se construa uma totalidade discursiva mais inteligível do discurso e, portanto, do que o estudante está pensando.

Considerando tais preocupações, os estudos em representação gestual investigam algumas questões significativas para a área. Por exemplo, buscam-se na análise gestual elementos chave de demonstração de comunicação em sala de aula de professores ou estudantes (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009; ROTH, 2001), e que mantenham relação com a conceituação expressa, de tal forma que se considerem fases articuladas dos movimentos gestuais (BRESSEM; LADEWIG, 2011,). Em Edwards (2009), os gestos são classificados e examinados quanto à maneira de conceituar as noções matemáticas de fração empreendida pelos estudantes.

Na pesquisa realizada por Roth e Lawles (2002) fica demonstrado que, longe de ser ociosa, a expressão corporal gestual proporciona profunda função cognitiva na emergência dos conceitos abstratos científicos dos aprendizes, pois, como indicam Kastens et al. (2007), o gesto está intimamente conectado com a percepção e com a cognição e, assim, acarreta sutis significados que, de outra forma, seriam conduzidos de maneira inábil ou mesmo seriam impossíveis de virem a ser conduzidos, caso a linguagem fosse unicamente empregada. Por final, Arzarello et al. (2009) ao acompanhar essas investigações concentram-se no relacionamento do componente gestual com a linguagem falada como diferentes lados de um sistema único de processo mental subjacente de ensinar e aprender.

2.3.5 Transposição para Aplicações no Ensino de Química

Ainda que gestos e ações possam ter seus sentidos confundidos e que apenas alguns autores tenham o cuidado de separá-los formalmente (RADFORD, 2009; ROTH; LAWLES, 2002), não existindo maior preocupação nos estudos da área, é preciso advertir que, na perspectiva discutida nesta tese, eles encerram uma nítida distinção conceitual e metodológica. Devido ao foco desta investigação se voltar para as atividades empíricas, o que não ocorre com a maioria dos trabalhos nessa linha de investigação, a exceção de Roth (2007) e Roth e Welzel (2001), as ações para nós têm maior importância do que os gestos.

Estes últimos, devido a sua instantaneidade, abandonam o modo de representação no tempo, ou seja, em uma só imagem ou ocorrência gestual instantânea é impossível contar uma história, enquanto pela gesticulação de uma imagem em sequência ou animação proporciona-se um meio para que se constituam narrativas com relações temporais e causais.

Dessa forma, tendo em vista as pesquisas em andamento, e em contraponto a elas, pretendemos com este trabalho avançar na questão dos gestos, estendendo-os à gesticulação no ensino de química. Por gesticulação entendemos “gestos em ação”, ou seja, a ocorrência temporal de uma sequência de gestos instantâneos que se encadeiam, formando e completando uma ação sobre o ambiente empírico. Iremos considerar gesticulação como um sinônimo de

pantomima, visto que ela faz o menor uso possível de palavras e maior uso de gestos.

Tal qual o gesto, veremos que uma ação ou gesticulação tem por detrás um significado, pois o protagonista da ação, ao realizá-la, tem em mente uma finalidade concebida que o levou a resolver ou a tentar resolver um problema de interesse prático. Por conseguinte, o foco deste estudo ultrapassa o gesto estático, isolado, e se concentra em perscrutar a ação de estudantes sobre objetos, artefatos e instrumentação científica que se concatenam em arranjos experimentais com o objetivo de ensinar as ciências.

Com a evolução contínua dos signos surge a necessidade de que possamos dialogar com eles em um nível mais profundo, buscando compreender como os signos agem nos valendo do avanço da tecnologia e da hipermídia. Eles estão sempre representando algo que se busca decifrar. Em uma atividade experimental, as gesticulações dos estudantes (signos), manipulando os materiais de laboratório e reagentes, transmitem uma mensagem a respeito do conteúdo. Os efeitos interpretativos causados por eles dependem diretamente do modo como o signo representa seu objeto. Se o signo é aquilo que dá corpo ao pensamento, às emoções e às reações, podem ser externalizados, ou seja, traduzidos de internos para externos. Dessa forma, os efeitos interpretativos que o signo provoca num receptor podem ser analisados semioticamente, deixando transparecer quais os sentidos que as gesticulações dos estudantes transmitem em relação a aprendizagem dos conceitos envolvidos em atividades experimentais de química.

Nesse sentido, este trabalho visa utilizar a semiótica, com base numa reinterpretção da teoria de Peirce, para a análise dos dados e assim, interpretar, por meio das gesticulações dos estudantes, a relação entre o experimento (signo) e o conteúdo já visto, determinado aqui como a experiência colateral, entendido como objeto, ou seja, uma relação signo e objeto, em uma atividade de laboratório de química, com as categorias fenomenológicas, fazendo uso da segunda tricotomia de Peirce.

A primeira tricotomia de Peirce é composta pelo *Qualissigno*, *Sinsigno*, e *Legisigno*. De acordo com ele, um Qualissigno é “uma qualidade que é um signo. Não pode realmente atuar como signo até que se corporifique” (CP, 2.243). Um Sinsigno “é uma coisa existente e real que é um signo. E só o pode ser através de suas qualidades” (CP, 2.245). Um Legisigno “é uma lei que é um signo. [...] Não é

um objeto singular sobre o qual há uma concordância de que seja significativa” (CP, 2.246). O Qualissigno, portanto, se caracteriza por uma qualidade sgnica imediata, tal como uma impressão causada pela cor, que é uma qualidade de ser azul, por exemplo. Quando essa cor se individualiza ou singulariza, se torna um Sinsigno, por exemplo, a cor azul do céu. O Legissigno (lei)  o resultado de uma impressão mediada por convenções, leis gerais estabelecidas socialmente, por exemplo, o azul da bandeira da Argentina.

Da relação do signo com o interpretante temos a terceira tricotomia: o *rema*, o *dicente* e o *argumento*. Segundo Peirce, rema é um signo “de possibilidade qualitativa, ou seja, representando esta e aquela espécie de objeto possível.” (CP, 8.337). O dicente “ um signo que é entendido como representando seu objeto com respeito a existência real” e o argumento é “um signo de lei” (PEIRCE, 1977, p.53). A Figura 4 destaca, entre as tricotomias de Peirce, as que usamos neste estudo.

Figura 4– Relação entre categorias fenomenológicas e a segunda tricotomia de Peirce

| | Significação Signo em si mesmo | Objetivação Signo com seu objeto | Interpretação Signo com seu interpretante |
|--------------|--------------------------------------|--|---|
| Primeiridade | Quali-signo | cone | Rema |
| Secundidade | Sin-signo | ndice | Dicante |
| Terceiridade | Legi-signo | Símbolo | Argumento |

Fonte: adaptado de Santaella (2007, p.62)

Essa relação de objetivação (Figura 4) será identificada por meio da gesticulação dos estudantes na manipulação dos materiais de laboratório na execução do experimento. Para melhor compreensão, a seguir apresentamos a metodologia da pesquisa e a construção do instrumento de análise.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, estão apresentadas as etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa com o intuito de responder à problemática de quais os sentidos que as gesticulações dos estudantes transmitem em relação a aprendizagem dos conceitos envolvidos em atividades experimentais de química. O trabalho é de natureza descritiva, de abordagem qualitativa e interpretativa e visa descrever os significados das gesticulações dos estudantes no laboratório de química, quando esses realizam um experimento, que é um modo de representação, tendo como objeto de estudo o conteúdo químico estudado.

Na investigação qualitativa, o investigador é o instrumento principal e a pesquisa é descritiva, os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e são analisados respeitando-se a forma como estes foram transcritos ou registrados, tendendo a análise dos dados ser de forma indutiva e o significado possuir vital importância (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Imerso no ambiente estudado, o investigador interpretativo observa e prioriza o fenômeno de seu interesse, anotando com atenção a tudo o que acontece nesse ambiente. O seu enfoque é descritivo e interpretativo e a interpretação dos dados é o aspecto crucial do domínio metodológico da pesquisa qualitativa, do ponto de vista de significados do pesquisador e significados dos sujeitos (MOREIRA, 2011).

A pesquisa qualitativa tem seu “interesse no ensino propriamente dito, na aprendizagem, no currículo, na avaliação e nos contextos, mas estes são analisados sob pontos de vista diferenciados” (MOREIRA, 2011, p.49). O laboratório de química, por exemplo, pode ser visto como um ambiente organizado social e culturalmente, no qual gestos e ações, agora denominados de gesticulações, mudam constantemente e significados são adquiridos, compartilhados e demonstrados, assumindo assim, o contexto, um papel de destaque, pois os significados e as ações são contextuais (MOREIRA, 1999).

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão divididos em duas seções principais. A primeira se refere às atividades de laboratório que foram desenvolvidas, ou seja, os experimentos, incluindo como se deu a obtenção dos dados nessas atividades para análise dos significados das gesticulações dos

estudantes. A segunda seção refere-se aos procedimentos de análise utilizados. Neste caso, tomou-se por base uma reinterpretação de uma leitura da semiótica de Peirce.

3.1 COLETA E AMOSTRA

As gesticulações dos estudantes foram obtidas por meio de videogravação e anotações de campo, feitas pela pesquisadora. Ao final das gravações, assistimos aos vídeos repetidas vezes para a tomada de dados, com recortes dos instantes mais expressivos da gesticulação, o que resultou em *frames*⁴. As anotações do caderno de campo foram utilizadas na tentativa de balizarmos a direção de algumas interpretações consideradas importantes, ou seja, as anotações complementaram as gravações com detalhes escritos pela pesquisadora, como apontamentos a respeito de decisões dos professores e estudantes, reações imprevistas, formas de lidar com dificuldades dos estudantes e outros aspectos que corroboraram as imagens do vídeo.

O trabalho foi realizado em uma escola pública da cidade de Paranavaí-Paraná, no período noturno, entre os anos 2012 e 2013. Participaram do estudo os estudantes do curso técnico em química do 2º e 3º ciclo. Esse curso tem a duração de dois anos e só podem se matricular aqueles que concluíram o Ensino Médio, por isso é chamado de Subsequente. Os estudantes analisados foram escolhidos por conveniência pela pesquisadora por serem aqueles que melhor se pôde observar nas filmagens e na observação em sala.

De acordo com as anotações de campo, os estudantes apresentavam nível econômico compatível com a classe média e tinham acesso a recursos como internet e celulares. Grande parte desses estudantes trabalhava em usinas, indústria leiteira e cooperativas. Os que não trabalhavam, preparavam-se para buscar emprego. Os estudantes já tinham visto, não só os conteúdos *concentração e diluição de soluções e oxirredução*, como todos os outros conteúdos do Ensino Médio.

⁴ O frame representa uma pequena parte do vídeo, ou seja, é cada um dos quadros ou imagens fixas de um vídeo.

A escola dispunha de diversos recursos didáticos para auxiliar os estudantes na aprendizagem, como três laboratórios de ciências (física, química e biologia), laboratório de informática, salas de aula equipadas com TV *pendrive* e DVD, projetor multimídia e biblioteca. Os laboratórios possuíam laboratorista, que auxiliava os professores antes, durante e depois das práticas. Para realizarmos o estudo, recorremos à direção da escola e à laboratorista. Após permissão, a laboratorista entrou em contato com os professores e a pesquisadora explicou que suas aulas seriam filmadas para futura análise. Os estudantes concordaram com a filmagem ao saberem que não seriam identificados.

A tomada de dados foi feita no laboratório, os estudantes já haviam visto os conteúdos e revisto no curso em que estavam. O laboratório era bem equipado, inclusive com ar condicionado e capela. Todas as aulas foram vídeogravadas por três câmeras, duas fixas e uma móvel para melhor focalizar um determinado momento do experimento, a pesquisadora fez anotações em caderno de campo para posterior análise das gesticulações dos estudantes. As atividades ocorreram com turmas do 2º e 3º ciclo, somente alguns estudantes participaram duas vezes da pesquisa, mas em outra atividade. Os experimentos constituem a atividade de ensino, os quais serão descritos na seção seguinte.

3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO

Nesta seção, são descritas em detalhes todas as atividades desenvolvidas com os estudantes. Foram filmadas dez aulas, no intervalo entre final de 2012 e julho de 2013, de acordo com o planejamento dos professores. Para análise, foram escolhidas quatro atividades.

3.2.1 Atividade 1 – Determinação de Acidez Total em Álcool Etilico

Procedimento:

- adicionar a solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L no interior da bureta;
- abrir a torneira para retirar o ar existente e com um béquer coletar a solução e completar até a marca inicial da vidraria;

- com o auxílio de uma proveta medir 50 mL de álcool etílico e transferir para um erlenmeyer de 250 mL;
- acrescentar 3 ou 4 gotas da solução indicadora de fenolftaleína e homogeneizar;
- titular com a solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L até a viragem do indicador de incolor para rosa claro;
- anotar o volume utilizado em mL (V_2).

Cálculo: Acidez Total (mg/L) = $\frac{60.1000}{V_1} \cdot C_R \cdot V_2$

Dados:

60 = Massa Molecular do ácido acético (CH_3COOH) em g/mol;

C_R = Concentração Real do Hidróxido de sódio 0,02 mol/L;

V_1 = Volume de álcool etílico utilizado, em mL;

V_2 = Volume de solução de Hidróxido de sódio na titulação, em mL.

Resultados:

Expressar a acidez total em mg de ácido acético por litro de amostra e com uma decimal.

Confiabilidade metrológica:

Faixa de trabalho de 0,5 mg/L a 50 mg/L.

O objetivo desta atividade foi determinar a acidez total do álcool etílico. Para isso os estudantes necessitavam fazer três medições do titulante, no caso, o hidróxido de sódio, observar o ponto de viragem, calcular a média e aplicar a fórmula da acidez total. O principal conteúdo abordado foi de *concentração de soluções e titulação*, mas os estudantes deviam ter conhecimentos a respeito de *funções inorgânicas, indicadores, e também das técnicas e regras de laboratório*.

O professor incitou os estudantes a lembrarem de suas experiências colaterais, ou seja, o conteúdo já visto na formação do Ensino Médio e também no curso técnico e pediu para lerem o procedimento a fim de realizar a atividade.

A quantidade de titulante utilizada foi obtida por meio de medições. Essas medidas possuíam uma incerteza intrínseca, pois, mesmo repetidas várias vezes, com o mesmo cuidado e procedimento pelo mesmo estudante, os resultados geralmente, não foram iguais. Assim, feita as três medições e calculada a média, o dado ficou menos impreciso. O ponto de viragem se caracterizou pela mudança de cor no líquido do *erlenmeyer* (etanol e gotas de fenolftaleína): de incolor passou para

rosa. Foi preciso ficar atento na observação da gota do titulante de início da viragem, ou seja, da mudança de cor, para fechar a torneira da bureta e fazer a leitura.

Feita a leitura e a média, os estudantes substituíram o valor na fórmula de acidez total e fizeram o cálculo. Se o resultado obtido estivesse entre 0,5 mg/L a 50 mg/L o valor seria aceitável. Se não estivesse, era preciso fazer, pelo menos, mais uma medida e retirar aquela que estivesse mais fora do padrão e calcular a média novamente para que o cálculo da acidez total fosse refeito. A massa molar do ácido acético foi um valor de padronização já contida na fórmula.

3.2.2 Atividade 2 – Reações de Óxido-Redução

Procedimento: utilizando dez tubos de ensaio, prepará-los conforme os dados e observar se ocorre reações de oxirredução.

Tubo 1 – alumínio + solução de sulfato de cobre

Tubo 2 – solução de permanganato de potássio + solução de ácido clorídrico

Tubo 3 – fio de cobre + solução de ácido nítrico

Tubo 4 – solução de cloreto ferroso + água oxigenada + solução de ácido clorídrico

Tubo 5 – solução de dicromato de potássio + água oxigenada + solução de ácido sulfúrico

Tubo 6 – limalha de ferro + solução de ácido clorídrico

Tubo 7 – limalha de ferro + água

Tubo 8 – zinco + solução de sulfato de cobre

Tubo 9 – limalha de ferro + solução de sulfato de cobre

Tubo 10 – solução de dicromato de potássio + solução de ácido sulfúrico + álcool etílico

O objetivo da atividade foi reconhecer as reações ocorridas como reações de oxirredução. Para isso, os reagentes foram colocados pela laboratorista na bancada central, todos enfileirados. Os sais e ácidos foram preparados em soluções, faltou apenas a solução de ácido clorídrico na concentração 1 mol/L que cada grupo preparou para, em seguida, dar continuidade ao experimento. Os conteúdos

envolvidos nesta atividade foram: representação das substâncias por meio de fórmulas químicas, nomenclatura e formulação de ácidos e sais, concentração e diluição de soluções, reações químicas, técnica de laboratório, e, principalmente, reações de oxirredução.

O professor explicou a atividade e pediu para que um estudante de cada grupo fosse à frente preparar a solução de ácido clorídrico. Antes, todos deveriam fazer o cálculo de diluição para encontrar o volume de ácido clorídrico concentrado que foi utilizado no preparo da solução. O professor colocou a fórmula no quadro. A eles então coube substituir as incógnitas pelo valor numérico da concentração molar e do volume de cada substância.

O que caracterizou a ocorrência de uma reação foi a mudança de cor, a liberação de gás, a precipitação. As reações não perceptíveis ou muito lentas necessitavam de tempo e muita observação e, às vezes, tornava-se necessário utilizar as fórmulas químicas das substâncias envolvidas e a reatividade de seus componentes para verificar a produção ou não de novas substâncias. Era preciso compreender o conceito de oxirredução.

Todas as reações eram de oxirredução. A reação do tubo 1 - entre o alumínio ($\text{Al}_{(s)}$) e a solução de sulfato de cobre (CuSO_4) - e a reação do tubo 7 - entre a limalha de ferro ($\text{Fe}_{(s)}$) e água - são muito lentas, mas acontecem. Na primeira reação entre o alumínio e sulfato de cobre, a solução de sulfato de cobre perdeu sua coloração azul, pois o cobre da solução se depositou na superfície do alumínio; na segunda, entre a limalha de ferro e água, houve liberação de gás. Nas reações dos tubos 2, 4, 5 e 10 houve mudança na coloração e nas reações dos tubos 3 e 6, liberação de gás monóxido de nitrogênio e hidrogênio, respectivamente. Nas reações dos tubos 8 e 9 houve mudança de cor e deposição de cobre sobre os metais.

3.2.3 Atividade 3 – Preparação de Solução de Hidróxido de Sódio

Procedimento: para a realização desta atividade foram necessários os materiais:

- . água destilada,
- . hidróxido de sódio PA,
- . béquer de 250 mL,

- . bastão de vidro,
- . funil de vidro,
- . balão volumétrico de 250 mL,
- . pissete,
- . balança analítica e etiquetas.

O objetivo desta atividade foi preparar uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,1 mol/L. Para isso os estudantes deveriam fazer os cálculos para encontrar a quantidade exata de hidróxido de sódio necessária para o preparo da solução 0,1 mol/L e em um béquer pesar essa quantidade encontrada com o auxílio da balança analítica. Em seguida, adicionar uma pequena quantidade de água destilada com o pissete e agitar com o auxílio do bastão de vidro. Fazer a transferência do conteúdo dissolvido do béquer para o balão volumétrico com a ajuda do funil, e fazer sucessivas lavagens do béquer, do bastão e do funil para ter o cuidado de transferir tudo para o balão e, em seguida, completá-lo com água até o menisco, agitando-o até sua completa homogeneização. A solução deveria ser passada para um frasco escuro e rotulado.

Ao utilizar corretamente os instrumentos de laboratório, nesta atividade, o estudante deveria perceber que a superfície do líquido contido em um tubo de pequeno diâmetro não é plana. Devido à tensão superficial, ela adquire a forma de um menisco (côncava). Para o acerto e a leitura do nível dos líquidos nos materiais volumétricos era preciso colocar os materiais que se apoiam por si mesmos (balões volumétricos e provetas) sobre uma superfície plana e os que não se apoiam por si mesmos (buretas e pipetas) deveriam estar sustentados na posição vertical por um suporte.

O estudante deveria se posicionar corretamente em relação ao traço de aferição para evitar erros de paralaxe. Ao dissolver, no béquer, um soluto em um solvente e para arrastar todas as partículas de soluto que teriam ficado agarradas ao recipiente, se necessário, aqueceriam para facilitar a completa dissolução do soluto. Ao transferir a solução para um balão volumétrico, o estudante deveria tomar as devidas precauções e utilizar o funil e a vareta. Em seguida, deveria lavar com um pouco de água destilada, 2 a 3 vezes, o béquer onde se fez a diluição, de modo a arrastar todas as partículas de soluto que teriam ficado agarradas às paredes do

béquer, do funil e da vareta. Finalmente, com o auxílio da pisseta, completariam o volume de solução requerido e que foi definido pelo menisco do balão com cuidado para não ultrapassá-lo.

Os conteúdos abordados nesse experimento foram: quantidade de matéria, funções inorgânicas, e principalmente, concentração e diluição de solução, e também, materiais de laboratório e regras de segurança.

3.2.4 Atividade 4 – Reação de Oxidação do Álcool Etílico pelo Dicromato de Potássio em Meio Ácido

Procedimento: para realizar este experimento precisou-se:

- . álcool etílico, ácido sulfúrico, dicromato de potássio, água, 1 tubo de ensaio, 1 erlenmeyer, 1 conta-gotas, 1 funil, 1 suporte para o tubo de ensaio e 1 par de luvas.
- dissolver o dicromato de potássio em água no erlenmeyer. Dê preferência a água destilada. Adicione cerca de 5g de dicromato para 10 mL de água.
- com o tubo de ensaio já devidamente colocado em seu suporte, com a ajuda do funil, coloque a solução de dicromato no tubo. Logo em seguida, com MUITO CUIDADO e com a ajuda do conta-gotas ou de uma pipeta, adicione cerca de 5ml de ácido sulfúrico à mistura (Muito CUIDADO com o ácido sulfúrico (corrosivo) e com o dicromato de potássio (forte oxidante e venenoso)).
- Misture um pouco. Logo em seguida, com o conta-gotas, adicione o álcool à solução e observe o que acontece.

O objetivo desta atividade foi realizar a reação de oxidação do álcool etílico pelo dicromato de potássio em um meio ácido para a obtenção de um aldeído. Para isto, os estudantes necessitavam conhecer o conteúdo oxirredução, concentração e diluição, termoquímica e função orgânica (álcool e aldeído) e, também, os materiais e regras de segurança.

Materiais necessários:

Como a professora regente deixou o material separado em uma bancada para que os estudantes pegassem e sendo a nossa intenção a de observar a gesticulação e seus significados, olhamos mais de perto a seleção dos materiais pelos estudantes. A intenção, naquele momento, foi analisar se eles saberiam qual

material usar. Havia material a mais na bancada, que não fazia parte da lista e não seria usado no experimento.

Após a separação dos materiais e reagentes, os estudantes efetuaram a atividade experimental que consistia em dissolver determinada quantidade (em gramas) de dicromato de potássio em água, adicionar ácido sulfúrico e, em seguida, acrescentar álcool à mistura e observar a reação de oxidação do álcool em aldeído. Quando o álcool entrou em contato com a solução de dicromato de potássio em meio ácido, provocou uma reação de oxirredução, na qual o dicromato oxidou o álcool etílico a aldeído acético e, na reação final, o dicromato (coloração alaranjada) deu origem ao sulfato de cromo III (coloração verde).

As atividades aqui descritas estavam de acordo com as entregues aos estudantes em aula de laboratório. Os conteúdos mencionados como principais referiam-se aos conteúdos aplicados e revistos em sala de aula, pois os estudantes, como comentado acima, já estudaram os conteúdos no Ensino Médio. Cada atividade foi desenvolvida em duas aulas de 50 minutos.

3.3 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DOS SIGNIFICADOS

Todo material produzido pela videogravação, inclusive as anotações da pesquisadora, foram analisados para separar as atividades de ensino nas quais as gesticulações foram interpretadas e, também, para a montagem dos *frames*. Como o *frame* representa uma pequena parte do vídeo, descrevemos o que ocorreu neles, enfocando o que pretendíamos mostrar, em seguida, fizemos a análise. Os *frames* não têm intervalos de tempo fixos, são instantes mais representativos dos momentos/da gesticulação em análise. Para a coleta dos *frames*, utilizou-se o programa *Express Scribe*⁵.

Ele serviu também para o recorte dos *frames*, pois foi possível salvar a videogravação no computador e neste programa assisti-la. As partes da videogravação (*frames*) inseridas nesta tese para que se possa visualizar a atividade analisada na pesquisa, foram montadas com o Programa *Paint*[®], da Plataforma Windows. O *Express Scribe* foi projetado para auxiliar a transcrição de gravações de

⁵ Disponível gratuitamente no site: <http://www.baixaki.com.br/download/express-scribe.htm>.

voz, ou seja, passar para o computador gravações em áudio e fazer as transcrições em espaço próprio do programa.

Nos *frames*, os rostos foram parcialmente cobertos com uma faixa para preservar o anonimato dos participantes. Cada estudante do grupo recebeu um nome como A1, A2 e assim por diante a fim de facilitar a identificação do/da estudante da gesticulação em análise. Por exemplo, no *frame* abaixo estão identificados quatro estudantes, sendo A1, A2 e A3 do mesmo grupo e A5, do grupo vizinho. O círculo destaca uma situação em que a estudante A2 entrega o caderno a A3. Os estudantes foram analisados individualmente, em duplas ou em grupo, quando as atitudes individuais foram muito semelhantes.

Figura 5- Exemplo de *frame*.



Fonte: o próprio autor

Para a análise das gesticulações, fizemos a descrição como ocorreram, no decorrer da atividade de ensino, num primeiro momento. No segundo momento, fizemos a interpretação das gesticulações desses estudantes de acordo com o instrumento de análise. Os “*frames omitidos*”, citados na descrição e análise dos dados, fizeram referência a gestos e ações ocorridos na atividade de ensino, vistos pela pesquisadora, que não foram apresentados nesta tese. A seguir apresentamos a construção do nosso instrumento de análise.

3.4 INSTRUMENTO DE ANÁLISE

3.4.1 O Olhar sobre a Gesticulação

Partindo da posição de que a decifração do significado dos gestos e ações de um estudante possui menor objetividade do que sua linguagem verbal poderia vir a informar, interpretar a gesticulação de um sujeito, então, não consiste em uma empreitada precisa para quem a faz, por isso, tentar encontrar o máximo de significados que existem atrás dela é um desafio. Para realizar tal empreitada são necessários referenciais para a análise que consistem em compreender as circunstâncias, o contexto e o que se pretende com a gesticulação em um ato para atingir um determinado objetivo. Olhar a gesticulação é procurar decifrar sua linguagem não verbal como processo, como índice de cognição. Sua dinâmica e sua interatividade trazem para o âmbito da pesquisa campos de visibilidade pouco explorados. É por meio da semiótica peirceana que buscamos uma ferramenta de base para a análise da gesticulação no laboratório de química.

Uma combinação de gestos em ação, ou simplesmente, gesticulação, culminam, no limite, em atos que se aproximam da pantomima. Entretanto, diferente desta última a gesticulação antes de ser comunicativa é primeiramente expressiva (ECO, 1985), o que significa dizer que são signos de natureza deliberadamente não intencionais na relação emissor e receptor. Assim, a gesticulação se apresenta, basicamente, como um ato de autorreflexão e de pensamento em ação do emissor sem que os signos expressos por ele sejam direcionados necessariamente para um receptor.

As reflexões a respeito dos gestos podem ser diretamente estendidas para a gesticulação. Como dito, esta compõe uma linguagem corporal de natureza representacional. Do ponto de vista da importância pedagógica, e baseando-nos nas considerações precedentes, a gesticulação sintetiza duas dimensões a serem atendidas: uma cognitiva, haja vista seu papel auxiliar na construção do pensamento e na elaboração do significado daquilo que o aprendiz está estudando; outra, de maior interesse neste trabalho, de natureza avaliativa processual, visto se constituir em uma linguagem que permite ao professor apreciar o significado do conhecimento do que está sendo construído pelo estudante.

Por avaliação processual, também denominada de avaliação formativa ou contínua, designamos um instrumento permanente de trabalho docente que permite acompanhar o processo de ensino e aprendizagem e serve como base para criar um diagnóstico das dificuldades futuras, permitindo resolver situações presentes. A avaliação processual também permite a reflexão, tanto dos estudantes como dos professores, a respeito do nível de qualidade do trabalho escolar gerando mudanças significativas (HOFFMANN, 2009; GIL, 2006; MIZUKAMI, 1986; VASCONCELLOS, 1995; GRILLO, 2003; LUCKESI, 1997, 2006).

De acordo com os autores acima, a avaliação processual (formativa ou contínua), agregada ao processo de construção do conhecimento dos estudantes, tem a finalidade de proporcionar informações acerca do desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Ela contribui para o entendimento de uma avaliação sem finalidade seletiva, com vistas a redefinir prioridades e ajuste de estratégias, a fim de perceber as dificuldades dos estudantes, com o propósito de orientar, apoiar, reforçar e corrigir os estudantes para que superem suas dificuldades e percebam seus progressos. Portanto, a avaliação processual permite compreender o contexto da aprendizagem, analisar suas modalidades, mecanismos e resultados. Da observação, passa-se à intervenção, por se pressupor a reflexão referente à construção do estudante na elaboração do conhecimento científico e se direciona as intervenções com o intuito de se chegar aos resultados efetivamente desejados.

As ações corporais transmitem constantemente intenções, interesses, sentimentos e ideias dos sujeitos que interagem. No entanto, há ações mais expressivas que outras, por isso o sentido de intencionalidade marca a diferença em meio a um enorme número de informações simultâneas. As gesticulações dos estudantes no laboratório de química passam a ser intencionais para quem as interpreta. Então, quando nos referirmos às gesticulações dos estudantes estaremos enfatizando os gestos e ações na manipulação dos objetos de laboratório.

3.4.2 A Semiótica Peirciana: uma Ferramenta de Base para a Análise da Gesticulação

As análises das gesticulações tomaram a clássica diferenciação dos signos em índices, ícones e símbolos de Peirce (1977, 2.299). Queremos deixar

claro que fizemos uma reinterpretação, tomando por base uma leitura de Peirce. Isso significa que, em referência às definições de Peirce, elaboramos uma mudança, adequando-as à nossa análise. Não obstante, dado que o contexto de interesse é pedagógico e circunscrito à gesticulação, os referidos critérios estarão direcionados para esse interesse e, assim, um afastamento *stricto sensu* dos seus sentidos se faz necessário.

A Semiótica pertence a uma tríade das ciências normativas alicerçada pela quase-ciência da Fenomenologia (SANTAELLA, 2005). A Fenomenologia tem por função “apresentar as categorias formais e universais dos modos como os fenômenos são apreendidos pela mente” (SANTAELLA 2005, p. 7), por meio de três elementos formais e universais presentes em todos estes fenômenos que se apresentam à percepção e à mente, denominados de primeiridade, secundidade e terceiridade. Peirce relaciona a primeiridade com as ideias do acaso, uma qualidade, o primeiro contato. Corresponde à noção de acaso, começo, indeterminação, vagueza, indefinição, possibilidade, originalidade irresponsável e livre, imediaticidade, qualidade de aparência, sem referência a qualquer coisa, presença imediata do irrefletido, como por exemplo, a capacidade contemplativa dos estudantes quando observavam os materiais de laboratório de química como eles realmente eram, sem substituí-los por nenhuma interpretação ou sem relacioná-los a alguma coisa, tais como não relacionar a bureta à titulação. É a qualidade que se apresenta, isto é, a primeiridade.

A secundidade relaciona-se com as ideias de ação e reação, conflito, dependência, dualidade, aqui e agora. Por exemplo, no momento em que o aluno, no laboratório, relacionou os materiais aos procedimentos e a atividade experimental a um conteúdo, seja esse a causa da atividade ou não, estava em secundidade.

Já a terceiridade está ligada às ideias de generalidade, representação, continuidade, crescimento, aprendizagem, mediação, inteligência, lei (SANTAELLA, 2013). Na situação das atividades de ensino pesquisada, seria o momento que o aluno relacionou o resultado da atividade prática ao conteúdo, conseguiu entender o que aconteceu devido à sua experiência colateral e a resolução de atividades de forma multimodal do conteúdo em questão. Portanto, estava em terceiridade.

Peirce denomina de experiência colateral “uma prévia familiaridade com aquilo que o signo denota” (CP 8.179), ou seja, é a busca do conhecimento anterior necessário para entender, completar e fortalecer a compreensão da relação

do objeto com o signo. A experiência colateral diz respeito a algo fora do signo, fora do interpretante, mas que pode colaborar na “interpretação” por parte do intérprete desse interpretante. Torna-se necessário que o estudante tenha um conhecimento prévio sobre o objeto retratado no signo para que o signo suscite determinado significado em sua mente. Dependendo desse conhecimento, o significado requisitado vai mudar. Por experiência colateral entendemos ser aquilo que o signo denota, ou representa, ou se aplica, isto é, seu objeto (SANTAELLA, 2012).

Sendo assim, a experiência colateral do objeto, contribui para que seja minimizada a incompreensão de alguns aspectos do signo. Para nós, a relação significativa do aluno com o experimento se dará por meio da experiência colateral, ou seja, seus conhecimentos anteriores, os pré-requisitos, a aula relativa àquele conteúdo que estava sendo aplicado na atividade. Podemos relacionar, por exemplo, a memória. Ela faz a relação entre aquilo que o aluno está vendo, por exemplo, os materiais de laboratório, e algo que foi aprendido anteriormente a respeito do uso, da função daquele material. Para que isso acontecesse, o estudante suscitou os conhecimentos prévios, ou seja, sua experiência colateral.

A fenomenologia dos processos de aprendizagem, na aula de química, mostra uma variedade de ações e produções impulsionadas pelos estudantes e pelo professor, utilizando diferentes recursos, como palavras orais ou escritas, modos de expressão extralinguísticos (gestos, olhares), diferentes tipos de inscrições (desenhos, esboços, gráficos), diversos instrumentos (do lápis a informações e comunicações mais sofisticadas como os dispositivos de tecnologia), e assim por diante.

Tais recursos são usados com grande flexibilidade: geralmente, a mesma pessoa explora muitos deles simultaneamente. Às vezes, são compartilhados pelos estudantes e, possivelmente, pelo docente e utilizados como ferramentas de comunicação ou de pensamento. Todos esses recursos, com as ações e produções que dão apoio, são importantes para compreender os conceitos químicos, pois eles ajudam a preencher a lacuna entre a experiência do mundo e da química mais formal.

Por exemplo, ao ser pedido a um estudante que pegue um frasco de reagente com determinada concentração para preparar um experimento de concentração de soluções, estando dois frascos de concentrações diferentes a sua frente, ele gesticula, mostrando não saber distinguir a diferença entre os dois dentro

do contexto “atividade prática de química a respeito de concentração de soluções”, a ação do aluno demonstra que ele está em primeiridade, pois ainda não consegue relacionar a fórmula escrita no frasco ao conteúdo estudado.

Dessa forma, a ação do aluno é um signo e pode ser interpretada e analisada pela professora como um indício de aprendizagem ou não. Para esta categorização, utilizamos as gesticulações produzidas pelos estudantes na realização das atividades de ensino e, baseados na leitura da semiótica de Peirce, chamamos estas gesticulações de *indiciais, icônicas ou simbólicas*, de acordo com o momento estudado.

Segundo Peirce (1977), o ícone é um signo que tem como fundamento um Quali-signo, ou seja, ele nos remete a seu objeto pela similaridade de suas qualidades. O índice indica algo tendo como fundamento a existência concreta deste e está diretamente ligado ao objeto. O símbolo é um Legi-signo, sendo um signo que representa o objeto dinâmico através de uma lei, de uma convenção, possuindo caráter geral. Dessa forma, unindo as categorias fenomenológicas à segunda tricotomia de Peirce pudemos analisar as gesticulações dos estudantes de acordo com a seguinte reinterpretação:

De acordo com a atividade de ensino desenvolvida no laboratório, se a ação de comunicar do estudante traduziu-se apenas em uma simulação, repetição, ou seja, repetição de ordens expedidas pelos colegas, a sua gesticulação encontrava-se tomada pelo princípio da imitação, quer seja da ação do colega ou da cópia do caderno de outro. Visto que não foi analisada, a emissão de signos foi do tipo Gesticulação Icônica. Neste caso, as gesticulações surgidas da cópia visual de ações mecânicas dos colegas, do professor ou de receituários verbalizados de outros ou lido em manuais, sem demonstração de autonomia, colocou-o numa situação de primeiridade. O estudante ainda vê o conteúdo e o experimento como uma qualidade daquilo que é, sem reflexão.

Um índice tem um emissor e um intérprete, mas não um comunicador, portanto, antes de comunicativo ele é um signo primeiramente expressivo, segundo a terminologia de Eco (1985). Na ocorrência de gesticulações arbitrárias, fica estabelecida uma conexão pseudocausal entre a ação do sujeito e a situação empírica que foi por ele enfocada na atividade instrucional realizada. Em termos semióticos, isto quer dizer que inexistiu uma vinculação de causa e efeito entre o significante e o significado dos signos demonstrados por meio das gesticulações.

Em outras palavras, os signos se mostraram incorretos e sem que houvesse uma relação do que foi expresso pelas gesticulações com o significado do conteúdo científico. Neste caso, as gesticulações foram denominadas de Gesticulações Indiciais e estavam relacionadas à secundidade, ou seja, existiu uma relação dual, mas não adequada ao conteúdo da atividade de ensino, porque se estivesse adequada seria terceiridade

Contrariamente, quando a ação de comunicar, durante a gesticulação, fosse intencional e obedecesse a um acordo institucional entre professor e aluno, já que a mesma se encontrava sob fundamentos de convenções científicas, então, os signos emitidos por ela foram considerados símbolos, sendo chamados de Gesticulação Simbólica. Estes, ao se virem representados nas ações, foram produto de ensino e o plano das suas expressões se ligou ao plano dos conteúdos científicos, numa relação causal entre significantes e significados, portanto, terceiridade. De fato, as corretas ações empíricas, quando assim consideradas, incorporam símbolos institucionalizados pela ciência que conduzem a ações objetivas e únicas cientificamente válidas.

De acordo com Figura 1, segundo capítulo (p.30), é possível visualizar as relações sobre as quais nosso trabalho foi desenvolvido. O experimento é uma representação dentre muitas outras aplicadas na introdução e desenvolvimento de conteúdos químicos, que auxiliam e complementam a construção dos processos e conceito científicos. O experimento apregoou o conhecimento do estudante referente ao conteúdo e a gesticulação foi a expressão semiótica pela qual a pesquisadora observou a relação do experimento com o conhecimento do conteúdo.

Figura 6 – Representação do objeto (conteúdo) e os signos (gesticulações) que nos permitirá a análise



Fonte: o próprio autor

Dados os elementos semióticos que ocorrem no laboratório, demonstrado pela figura acima (Figura 6), o sistema semiótico peirciano reinterpretado por nós funciona da seguinte forma: ao fundo está a experimentação, conteúdo visto (experiência colateral) e conhecimento. O fundamento/signo (a) do laboratório é a experimentação. Já o objeto (b) do laboratório, é variável e pode se apresentar de algumas formas, conforme o que se pretende estudar. Ele seria representado pelo conteúdo (objeto), que teria como experiência colateral o mesmo conteúdo visto em sala de aula.

Por fim, o interpretante (c) é a pulsão significativa que a relação entre signo e objeto, relacionada pelo estudante, traz à tona, o conhecimento, ou seja, é nessa relação signo/objeto (experimentação/conteúdo-experiência colateral) que podemos observar o processo desenvolvido pelo estudante para se chegar ao conhecimento. Esta relação do signo com seu objeto é observada e analisada por meio das gesticulações produzidas no desenvolvimento da atividade de ensino. As gesticulações icônicas, indiciais e simbólicas foram os signos produzidos pelos estudantes e a investigadora (olho) que se encontra fora do triângulo que observa a

relação signo/objeto produzidas pelas gesticulações dos estudantes para, então, categorizá-los em primeiridade, secundidade e terceiridade.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Depois de assistir aos vídeos, foi possível interpretar as gesticulações dos estudantes. Como já mencionado nesta tese, as gesticulações foram denominadas de *icônicas*, *indiciais* e *simbólicas* de acordo com nossas observações e interpretações. Essas gesticulações permitiram-nos categorizar os estudantes em *primeiridade*, *secundidade* e *terceiridade*.

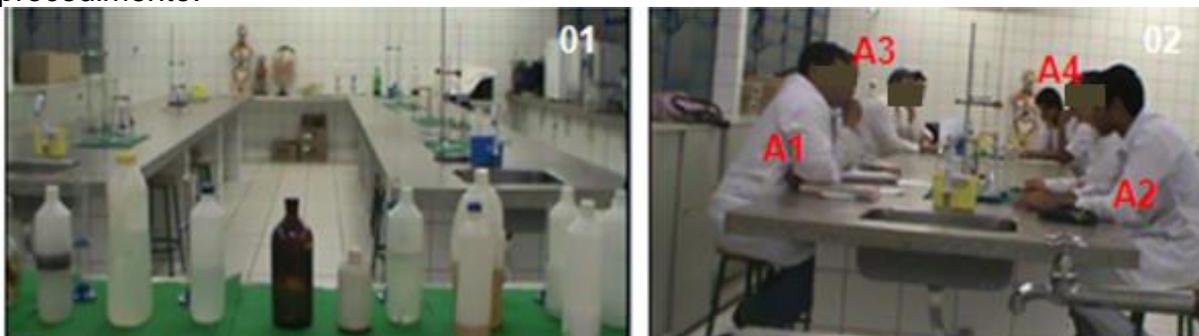
4.1 DISCUSSÃO E RESULTADOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

4.1.1 Atividade 1 - Determinação de Acidez Total em Álcool Etílico

Esta atividade necessitava de uma solução de hidróxido de sódio como titulante e o titulado era o etanol. Quatro estudantes analisados tiveram suas gesticulações observadas minuciosamente.

Descrição da gesticulação: a laboratorista deixou os reagentes na bancada central e o material necessário para a execução da atividade em cima da bancada dos estudantes (figura 7, *frame 1*). Em seguida à chegada dos estudantes, eles se dividiram em grupos (figura 7, *frame 2*) e ficaram à espera do professor para iniciar a aula.

Figura 7 -*Frames 1 e 2*: primeiro contato dos estudantes com os materiais e o procedimento.

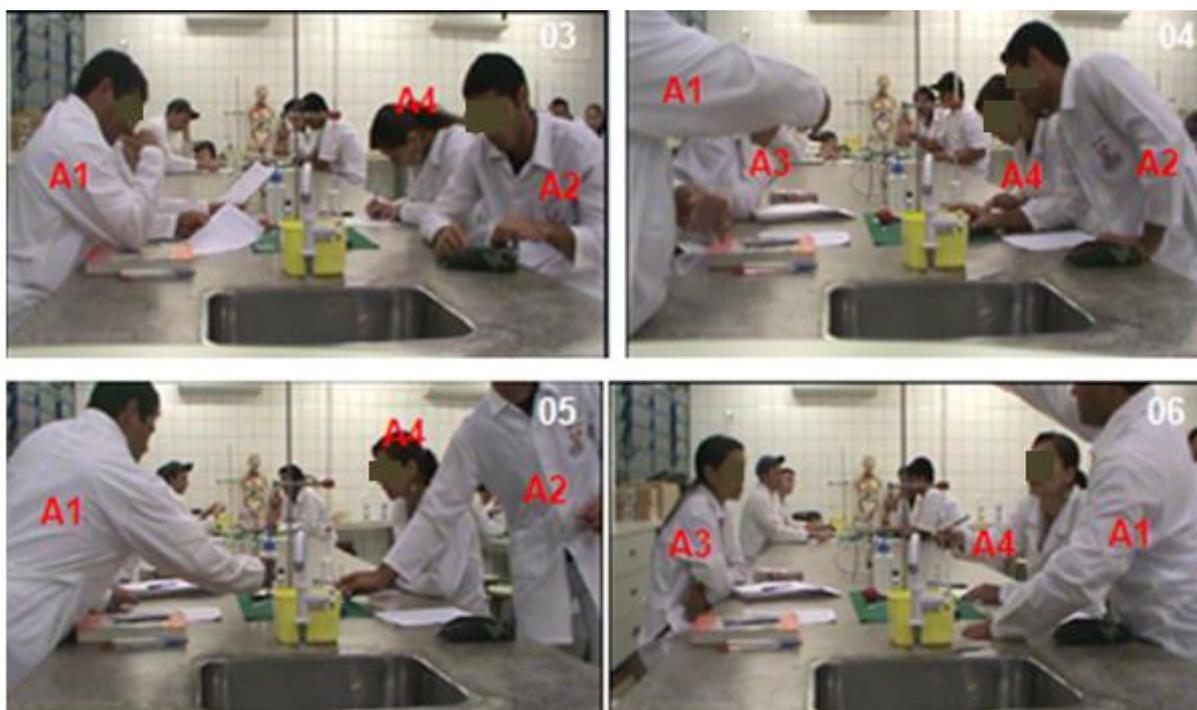


Fonte: o próprio autor

O professor conversou a respeito do conteúdo, fez referência ao que os estudantes viram no Ensino Médio e, posteriormente, no curso técnico. Ele explicou

o objetivo da atividade e falou rapidamente dos procedimentos. Pediu aos estudantes que lessem o manual de procedimento (figura 8, *frame* 3) e iniciassem a coleta dos materiais (figura 8, *frame* 4). Todos participaram, leram a fórmula para o cálculo da acidez e discutiram a respeito do que fariam. Em seguida, iniciaram a coleta do ácido clorídrico, na concentração pedida, e dos reagentes (figura 8, *frames* 5 e 6).

Figura 8 - *Frames* 3 a 6: leitura do procedimento e coleta de reagentes.



Fonte: o próprio autor

Os estudantes realizaram três medições e passaram a discutir os dados (figura 9, *frames* de 7 a 10).

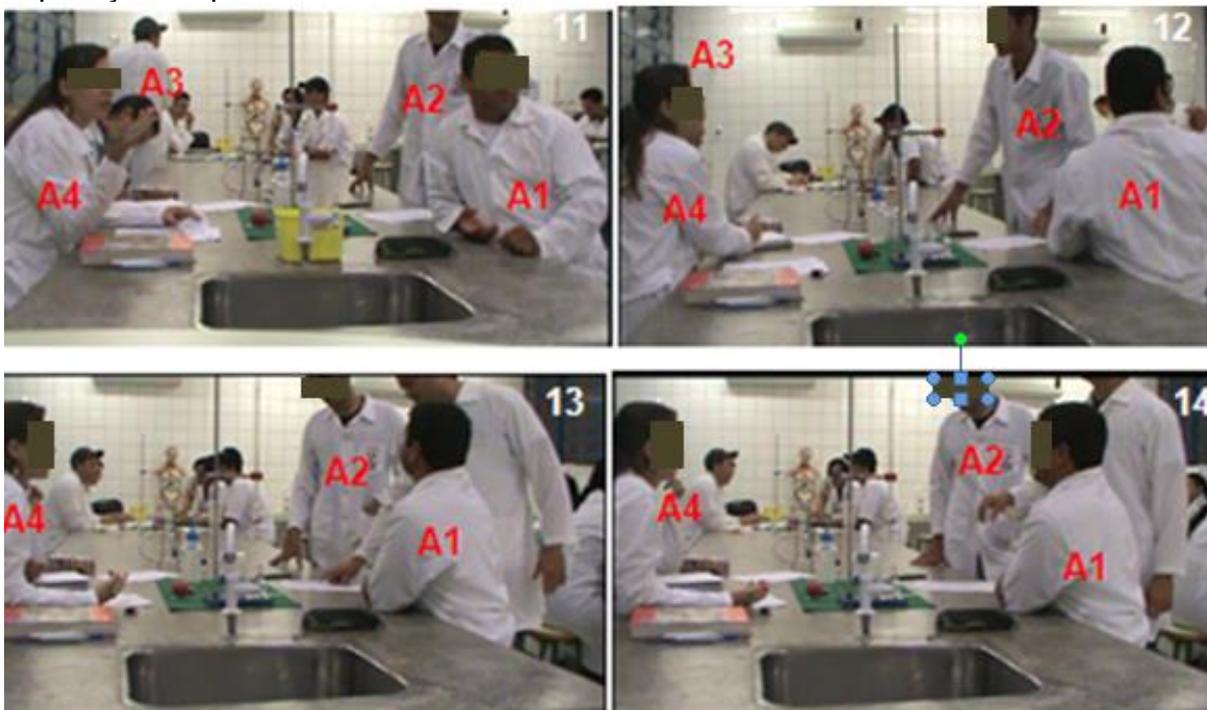
Figura 9 - *Frames 7 a 10*: realização das três medições e cálculo da média.



Fonte: o próprio autor

A discussão dos estudantes a respeito das três medidas que realizaram terminou com a chegada do professor à bancada (figura 10, *frames* de 11 a 14).

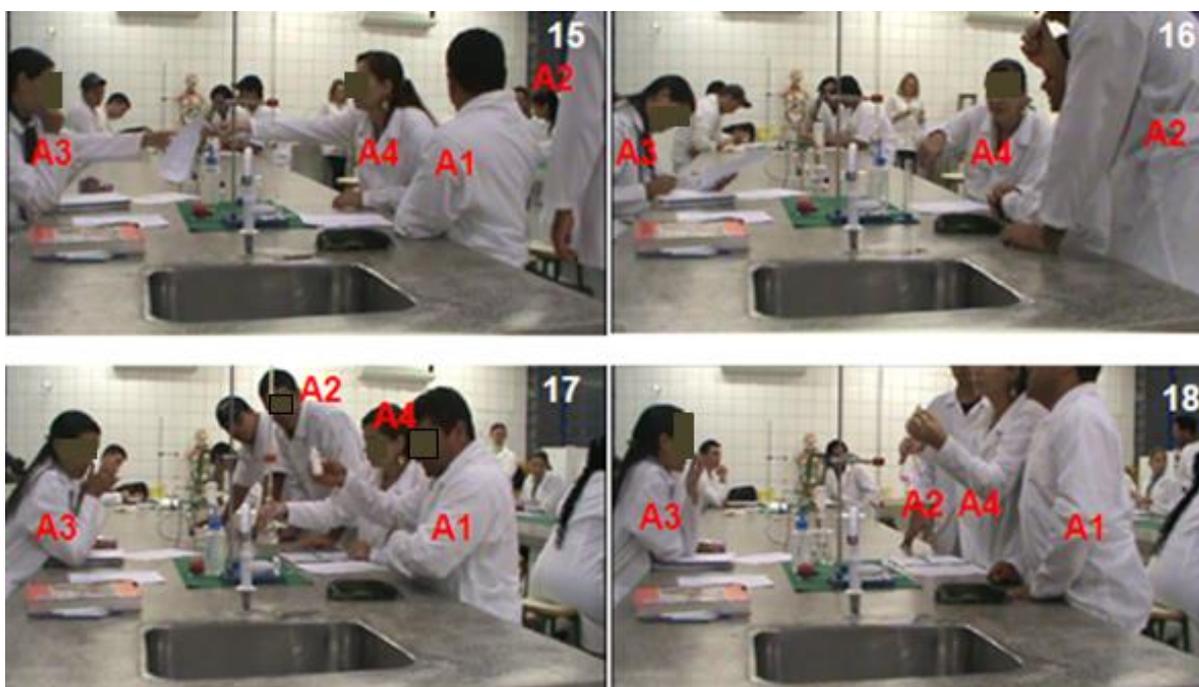
Figura 10 - *Frames 11 a 14*: discussões a respeito das medidas obtidas e explicação do professor.



Fonte: o próprio autor

O professor permaneceu ali por alguns minutos (*frames* omitidos), os estudantes gesticulavam muito. Ele explicou a aplicação da atividade, e apontou na folha do procedimento entre quais valores deveria ficar a medida da acidez do álcool (0,5 a 50 mg/L). O professor levou, também, um pHmetro para medição do pH da amostra. Após a saída do professor, para auxiliar o grupo 4, os estudantes do grupo em questão (Grupo 1) reiniciaram os cálculos. Os estudantes fizeram a quarta medida (figura 11, *frames* de 15 a 18).

Figura 11—*Frames* 15 a 18: releitura do procedimento e nova medição.



Fonte: o próprio autor

Os quatro integrantes conversaram bastante, antes da medição, com referência aos cálculos. Observaram os valores utilizados de álcool e de hidróxido de sódio que possuíam e a medida da confiabilidade metrológica explicada pelo professor.

Juntos (figura 12, *frames* 19 e 20) os estudantes fizeram os cálculos e, em seguida, o professor verificou a medida do pH por meio do pHmetro. Ele também mediu a condutibilidade do álcool.

Figura 12 - *Frames 19 e 20*: cálculo da acidez total e verificação pelo professor.



Fonte: o próprio autor

Interpretação das gesticulações:

Os estudantes A1, A2, A3 e A4 foram analisados no conjunto, pois, pelas suas gesticulações e movimentos corporais, possuíam o mesmo nível de cognição. Nos *frames 1 e 2* da figura 7, pela ausência de gesticulações por alguns minutos e por suas posturas, os quatro estudantes mostraram estar em primeiridade, pois nada foi realizado, mas a possibilidade da secundidade ou terceiridade se faziam presentes. Eles permaneceram em silêncio à espera da fala do professor. A *primeiridade* fica posta, dado que é uma qualidade de gesticular, a primeira impressão, possibilidade, o que não foi analisado.

O professor, após conversar a respeito do conteúdo e fazer referência ao que foi visto pelos estudantes no ensino médio e técnico, ativou suas experiências colaterais, ou seja, os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de concentração e diluição de soluções. Eles iniciaram a leitura (figura 8, *frame 3*) e a coleta dos materiais (figura 8, *frame 4*) e todos participaram, discutiram a respeito dos cálculos referentes à concentração, mostraram seus resultados uns aos outros (*frames omitidos*) e iniciaram as coletas dos reagentes (figura 8, *frames 5 e 6*) sem a ajuda do professor. Suas gesticulações neste instante são indiciais, houve uma ação de causa e efeito, mesmo que fosse pseudocausal, houve uma relação do experimento com o conteúdo de concentração e diluição de soluções, por isso *estavam em secundidade*.

Ao trazerem da bancada central os reagentes necessários (hidróxido de sódio, etanol, fenolftaleína), iniciaram a atividade. Realizaram três titulações (figura 9, *frames de 7 a 10 e frames omitidos*). Pelas suas gesticulações, agora simbólicas,

e pelas anotações do caderno de campo, foi possível interpretar que eles sabiam o que estavam fazendo. Eles fizeram três medidas para encontrar a média, e, portanto, neste instante, pudemos afirmar que estavam em terceiridade, pois houve uma interpretação do experimento em relação ao conteúdo medição.

Os quatro estudantes sentaram, levantaram, conversaram, gesticularam muito. Pudemos interpretar que a discussão era a respeito das três medidas que realizaram (figura 10, *frames* 11 a 14). O professor aproximou-se do grupo, dialogou com os estudantes (*frame* 14) e, de acordo com nossas anotações, ele não interferiu na atividade de ensino. O professor apontou para o valor da confiança metrológica escrito na folha de procedimento. Eles decidiram fazer uma quarta medida. Essas gesticulações simbólicas confirmam os conhecimentos desses estudantes a respeito da medição, pois, se não houvesse, simplesmente teriam calculado a acidez total, e não foi isso que fizeram, dessa forma, confirma-se a categoria da terceiridade.

Interpretamos, conforme indica a figura 11 (*frames* de 15 a 18) e nossas anotações que uma medição estava muito diferente das outras, provavelmente os estudantes se descuidaram do ponto de viragem, o que justificou a quarta medição, visto que o cálculo da acidez do álcool etílico não estava dentro dos valores previstos. Dessa forma, mais uma vez justificou-se a terceiridade pelas suas gesticulações simbólicas. Eles interpretaram, generalizaram, tiraram conclusões, de acordo com a figura 12 (*frames* 19 e 20) e anotações do caderno de campo, e realizaram os cálculos finais da acidez total do etanol. Os cálculos estavam corretos, conclusão a que se chega observando na ação do professor que veio até eles, usando o aparelho para medir a acidez e a condutibilidade e confirmando que estava dentro dos parâmetros. Foi possível a pesquisadora interpretar, também, essa terceiridade, pela observação em sala, pelo fato de não terem realizado novos cálculos e iniciado o relatório.

Os quatro estudantes participaram ativamente da atividade de ensino, entenderam o que estavam fazendo, perceberam o erro na medição (figura 10, *frames* de 11 a 14 e anotações da pesquisadora) e fizeram uma nova, calcularam a acidez, manusearam corretamente os materiais e reagentes, discutiram os resultados. Tudo isso foi mostrado pelas gesticulações simbólicas dos estudantes do grupo e, portanto, eles foram incluídos na categoria da terceiridade.

4.1.2 Atividade 2 – Reação de Óxido-Redução

O objetivo da atividade foi reconhecer as reações ocorridas como reações de oxidorredução. Para isso, os estudantes deveriam preparar, conforme o manual de procedimento, uma solução de ácido clorídrico, adicionar duas ou três substâncias ao tubo de ensaio, observar e anotar o que aconteceu, ou seja, se houve ou não reação de oxirredução.

A análise desta atividade está dividida em três partes: a) preparação da solução de ácido clorídrico por um dos integrantes de cada grupo; b) separação dos reagentes e c) coleta dos reagentes e observação das reações.

a) Preparação da solução de ácido clorídrico

Descrição da gesticulação: Podemos ver na figura 13 que, inicialmente, A1 faz a medição da quantidade de água na bureta e verifica o menisco (*frame 01*) e, em seguida, dirige-se à capela (*frame 02*).

Figura 13 – *Frames 01 a 04*:preparação da solução de ácido clorídrico



Fonte: o próprio autor

Com uma pipeta de 10 mL e uma pera ele faz a transferência de 20 mL de ácido clorídrico concentrado para a proveta, preparando uma solução de 1mol/L (*frames* 03 e 04) e retorna à mesa do grupo (*frames* omitidos). A4 fez a medição da água e verificou o menisco enquanto A6 (já na figura 14, abaixo) observava (*frame* 05). A4 explicou para A6 o que ele deveria fazer para preparar a solução de ácido clorídrico (*frame* 06). O estudante A6 se dirigiu à capela para iniciar a preparação da solução e transferiu certa quantidade de ácido clorídrico concentrado para um béquer (*frame* 07), usando-o para transferir o conteúdo à proveta (*frame* 08) onde completou com 20 mL do ácido.

Figura 14 – *Frames* 05 a 08: explicação da tarefa por A4 para A6 e início da preparação da solução.

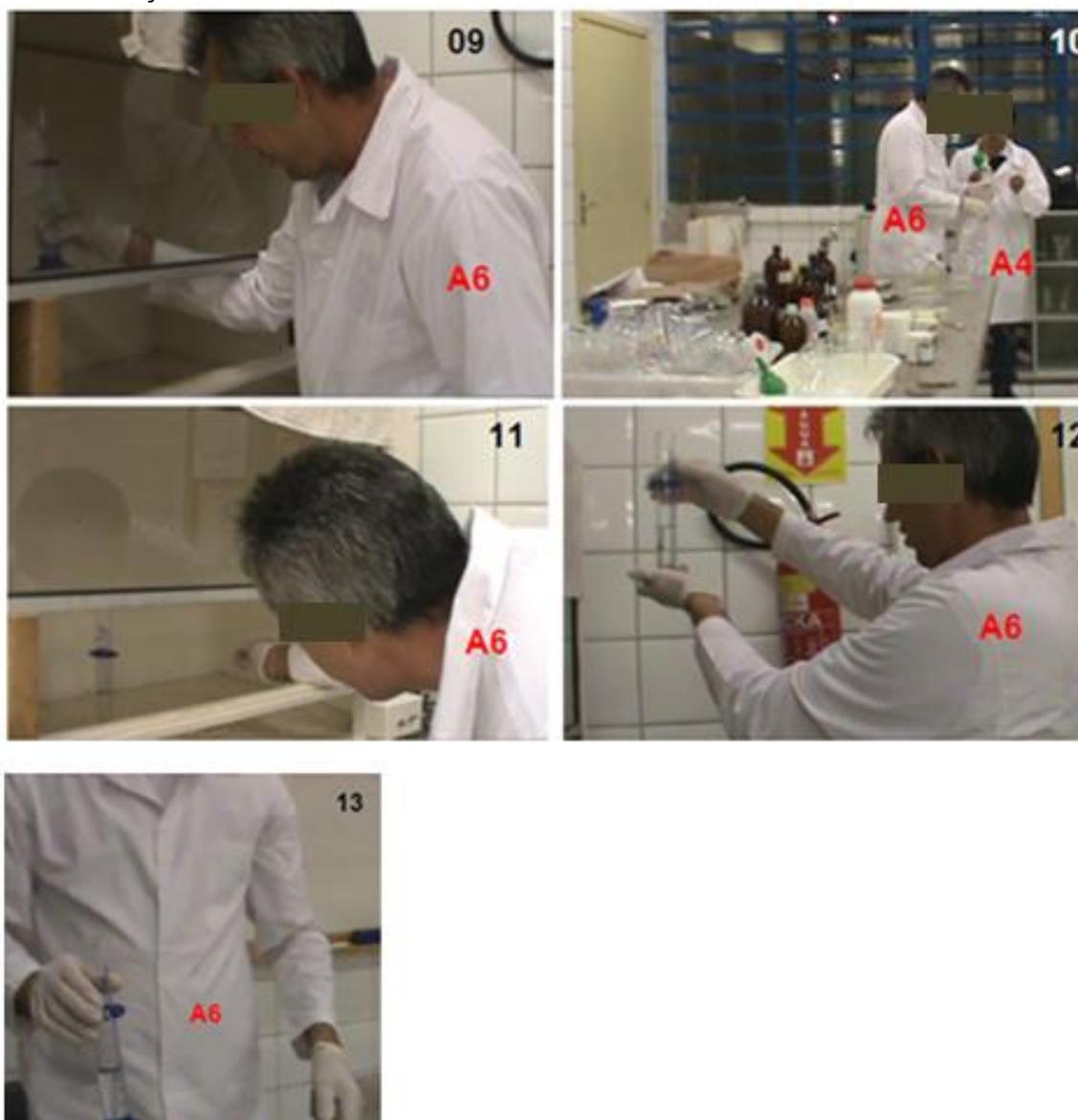


Fonte: o próprio autor

Vemos na figura 15, a seguir, que A6 observou o menisco com a proveta dentro da capela, verificou que faltava um pouco de água para chegar à medida correta (*frame* 09). Não usou a pipeta graduada que estava dentro da capela. Ele foi até A4, que lhe deu uma micropipeta (*frame* 10) e, então, retornou. Na capela, completou a proveta com o ácido até o menisco (*frame* 11), retirou-a da capela para

conferir o menisco (*frame* 12) e retornou à bancada para se juntar ao grupo (*frame* 13).

Figura 15 – *Frames* 09 a 13: preparação da solução por A6 e retorno para a bancada com a solução de HCl.



Fonte: o próprio autor

Interpretação das Gesticulações:

Estudante A1

As gesticulações indicam que A1 domina o conteúdo de concentração de soluções, além de dominar bem as técnicas de laboratório, pois, conforme os *frames*

de 1 a 4, ele preparou corretamente a solução de ácido clorídrico 1mol/L. De acordo com nossas anotações, ele também fez os cálculos corretamente. Isso indica que a sua experiência colateral facilitou a interpretação do conteúdo para realização da atividade. Suas gesticulações são classificadas de simbólicas em relação ao conhecimento químico. Foram gesticulações expressivas por serem naturais, mas perceptivas e reveladoras do domínio do conteúdo “concentração de soluções”. Dessa forma, pudemos concluir que A1, por suas gesticulações simbólicas encontrasse na categoria terceiridade, já que consegue, por meio de convenção, fazer a relação do conteúdo com a atividade de laboratório e finalizar a solução.

Estudante A6

Na gesticulação expressa nos *frames* 5 e 6 (figura 14), vemos que A6 precisou da colaboração do colega A4 para a coleta da água, observação do menisco, e explicação do que deveria fazer na capela (*frames* omitidos). Diante da capela, A6 preparou a solução de modo um pouco diferente de A1, mas sai com a solução pronta. Isso nos leva a crer que ele domina as técnicas, mesmo que por caminhos mais longos. Há pouca dúvida de que o significado do conteúdo de concentração de solução para o estudante seja problemático.

Sua experiência colateral não colaborou no domínio do conteúdo. Isso se deduz por não existir compreensão para A6 do motivo da necessidade de colocar água e ácido clorídrico concentrado nas proporções calculadas, utilizando as fórmulas colocadas pelo professor no quadro, de acordo com as anotações do caderno de campo. A6 até fez a conta, aplicou a fórmula, mas faltou entendimento do papel desempenhado pelos elementos da fórmula, pois, de acordo com os *frames* 05 e 06 da figura 14, é A4 que faz uso da proveta, coloca a quantidade de ácido clorídrico concentrado e, em seguida, explica a A6 o que ele precisava fazer.

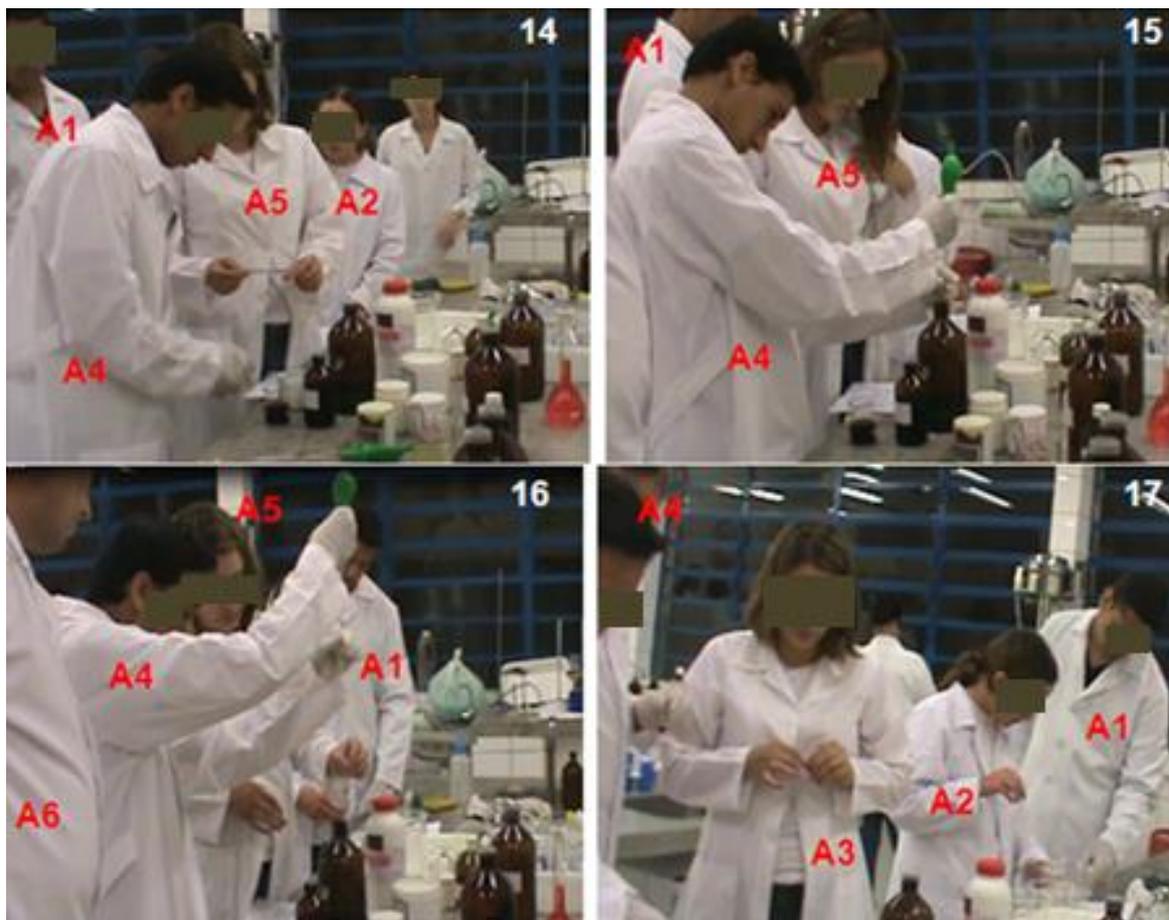
Além do mais, deve-se salientar que A6 recorreu novamente a A4, quando precisou completar o volume de água para finalizar a solução (figura 15, *frame* 10). As ações de A6 não expressaram gesticulações simbólicas científicas tais como as de A1, mas sim gesticulações icônicas, meras cópias das ações dos colegas, posto que estas foram formadas pelo princípio da imitação, ou seja, da repetição mecânica. Portanto, dentro da leitura da secundidade, a relação entre

sujeito e conteúdo ensinado não aconteceu, colocando A6 na categoria da primeiridade.

b) Separação dos reagentes a serem utilizados

Descrição da gesticulação: após a preparação da solução de ácido clorídrico, os grupos coletaram os reagentes para as próximas etapas. Os reagentes encontravam-se na bancada principal, todos identificados por suas fórmulas químicas, colocados em vidros grandes, quando soluções, e em frascos menores, quando sólidos, tornando fácil a visualização dos reagentes pelos estudantes. Era necessário pôr um pouco das soluções e dos reagentes sólidos em um béquer ou em um frasco menor para manuseá-los.

Os dois grupos foram para a bancada central (Figura 16, frames 14 e 15) coletar os reagentes. A2 e A1 leem o procedimento (frame 16 e 17), procuram os materiais que estão faltando e A2 começa a colocar os reagentes nos tubos de ensaio.

Figura16 – Frames 14 a 17: coleta de reagentes

Fonte: o próprio autor

Na figura 17 podemos ver que os integrantes dos dois grupos foram à procura de uma solução e não a identificaram entre os reagentes (*frame* 18). Houve uma conversa entre eles acerca da identificação do frasco (*frames* omitidos) e A5 chamou o professor enquanto seus colegas continuaram a procura. Em seguida, o professor chegou e apontou para o frasco que continha o reagente que estavam procurando (*frame* 19). Então, eles separaram os reagentes (*frames* omitidos) e continuaram a coleta. Alguns em frente à bancada coletaram os materiais e os outros componentes ficaram sentados esperando a chegada dos colegas.

Figura 17 – Frames 18 a 21: auxílio do professor à coleta de reagentes



Fonte: o próprio autor

Interpretação das Gesticulações:

Estudantes A1 e A2

Os nomes dos reagentes, no manual de procedimentos, foram registrados por extenso, enquanto nos frascos estavam representados por suas fórmulas químicas. Observando as gesticulações de A1 e A2, vimos que eles aparentavam ter algum conhecimento das fórmulas químicas (*frames 16 a 17*), pois não conseguiram reconhecer apenas uma das soluções, a de ácido nítrico. Essa não foi uma dúvida apenas desses dois estudantes, visto que A4, A5 e A8, que estavam na bancada, também não encontraram o ácido, como já afirmamos anteriormente.

Suas experiências colaterais não colaboraram com a identificação do ácido nítrico por meio de sua fórmula molecular. As informações a respeito de representação das substâncias por meio de fórmulas químicas, sua nomenclatura e a formulação de ácidos, em anos anteriores, no ensino regular e depois, no curso

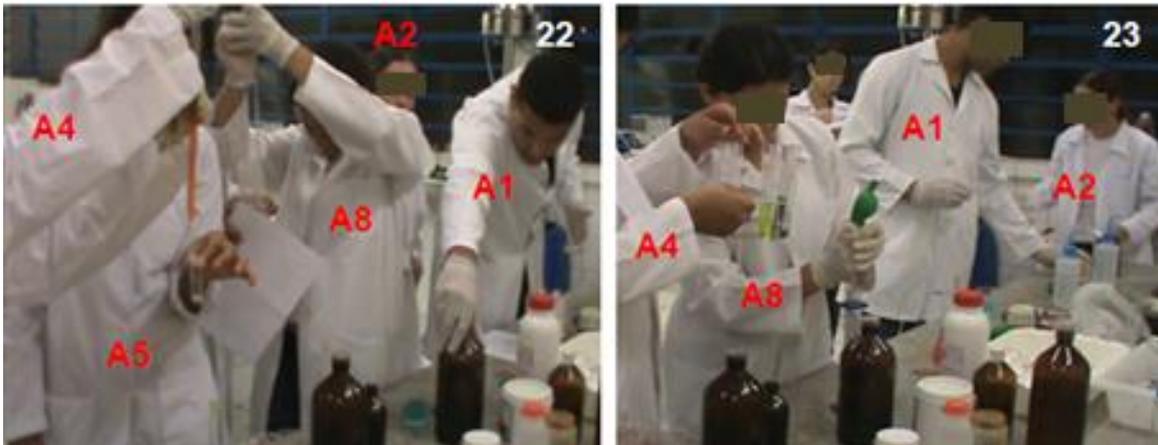
subsequente técnico em química, não foram suficientes para que tivesse ocorrido a aprendizagem do assunto. Assim, nem ocorreu a ideia aos estudantes A1 e A2 de que poderiam ter encontrado o frasco por exclusão e daí, talvez, perguntado ao professor se aquele era o frasco correto. O gesto dêitico do professor (figura 17, *frame* 19) permitiu o reconhecimento do ácido e a continuidade do trabalho. (De fato, pelas duas equipes: grupo 1 – A1, A2, A3 e grupo 2 – A4, A5, A6)

As gesticulações indiciais dos estudantes, nos *frames* de 16 a 19, os colocam em secundidade, porque os signos da fórmula e do nome se associam, ou seja, apontam em direção ao reconhecimento ou não das fórmulas e seus respectivos nomes. Na secundidade há uma relação dual que apresenta uma conexão com aquilo que indica. Portanto, as gesticulações, os frascos de reagentes que foram pegos e devolvidos pelo estudante, juntamente com as anotações de campo, fizeram com que, neste caso, concluíssemos que as gesticulações dos estudantes indicavam uma falha na aprendizagem do conteúdo “representação das substâncias por meio de fórmulas químicas”, ou seja, não a reconhecem/identificam determinadas fórmulas químicas.

c) Coleta dos reagentes e observação das reações

Descrição de gesticulação: como podemos ver na Figura 18, os estudantes A1 e A2, do Grupo 1, foram coletar os materiais na bancada central, uma estudante não participou das atividades e a outra ficou esperando pelos colegas na bancada enquanto copiava as questões a serem apresentadas no relatório. A1 e A2 coletaram as soluções, mas não misturam os reagentes e levaram tudo para a bancada.

Figura 18 –*Frames 22 e 23: coleta de reagentes pelo Grupo 1*



Fonte: o próprio autor

Os componentes do Grupo 2 coletaram os reagentes e os misturaram às soluções. De acordo com a explicação do professor e com o manual de procedimento do experimento, o objetivo era observar se ocorreria reação ou não. A pressa com que queriam preencher todos os tubos de ensaio impossibilitou a observação imediata, por isso não foram aqui analisados.

Na figura 19, vemos que A1 e A2 tinham a sua frente os tubos de ensaio para colocar os reagentes. A1 começou por colocar água em um tubo (*frame 24*), ele e A2 leram as instruções (*frame 25*), pegaram a solução de sulfato de cobre e, enquanto A1 pipetou-o em três tubos de ensaio (*frame 26*), A2 colocou a limalha de ferro em outros três tubos (*frame 25*).

A1 pegou um balão volumétrico com uma solução de dicromato de potássio (*frame 27*) e pipetou em dois tubos de ensaio (*frames omitidos*). A solução de ácido sulfúrico e de permanganato de potássio foi pipetada por A4 (ver no *frame 23*), integrante do outro grupo.

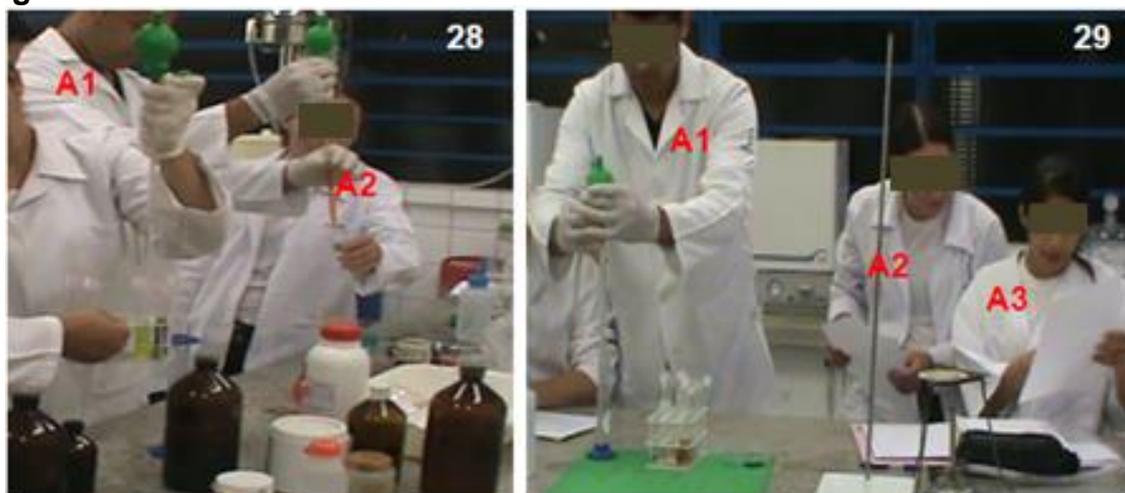
Figura 19 –Frames 24 a 27: coleta dos reagentes e água nos tubos de ensaio



Fonte: o próprio autor

Em seguida, A1 e A2 foram para a mesa e se juntaram a A3, terceira integrante do grupo. Enquanto A2 e A3 relem os procedimentos, A1 começou a pipetar a solução de ácido clorídrico nos tubos de ensaio (figura 20 - *frame* 29).

Figura 20 –*Frames 28 e 29: término da coleta e retorno à bancada.*



Fonte: o próprio autor

A seguir, na figura 21, o *frame 30* deixa ver que A1 e A2 pegaram os tubos, observaram e A3 anotou suas observações. A1 segurou o tubo de ensaio entre as mãos, a solução borbulhava, então A2 iniciou uma ação de juntar os dedos, abrindo-os e fechando-os repetidamente, explicando a A3 o que estava acontecendo (*frame 31*). A1 terminou de adicionar água oxigenada nos tubos onde faltava o reagente e A2 pegou os tubos para observá-los sob o olhar de A3 (*frame 32 e 33*), que escrevia o ocorrido.

Figura 21 –Frames 30 a 34: análise das reações.



Fonte: o próprio autor

A2 segurou o tubo, contendo a solução de dicromato de potássio e solução de ácido sulfúrico, enquanto A1 adicionou um pouco de álcool, a pedido do professor, e os três observaram o que aconteceu (*frame 33*). A3, com a mão estendida, fez gestos de sobe e desce na vertical, referindo-se ao que estava acontecendo com a coloração no tubo (*frame 34*).

Interpretação dos significados:

Estudantes A1 e A2

As observações das gesticulações indicam que os estudantes A1 e A2 tinham pelo menos a noção de reação, pois eles não colocaram todos os reagentes nos tubos de ensaio de uma só vez.

As gesticulações indiciais, mostradas nos *frames* de 31 a 34, caracterizam a secundidade, que é dualidade, ação e reação entre o experimento e seu efeito, ou seja, o que vai acontecer entre a conclusão que deveria ter sido extraída do experimento e o conteúdo. Isso é explicado pelo momento em que A1 e A2 esperaram para terminar de adicionar os reagentes só após sentarem e observarem o que aconteceu nos tubos, juntamente com a terceira integrante do grupo.

A adição da solução de ácido clorídrico à solução de permanganato de potássio, no tubo 2, fez com que a reação ocorresse, observada pela mudança de cor (*frame* 30) e a adição da solução de ácido clorídrico à limalha de ferro, no tubo 6, fez com que a reação ocorresse com desprendimento de gás hidrogênio, como anotamos em nosso caderno de bordo. As gesticulações de A2 (Figura 15, *frame* 31 e omitidos), com a repetição contínua do abrir e fechar dos dedos, revelou signos simbólicos, porque essas gesticulações permitiram a A2 comunicar o conhecimento do conceito de reação para A3.

Dessa forma, foi possível categorizar A2 em terceiridade nessa gesticulação, visto que sua experiência colateral permitiu a seguinte interpretação: quando misturamos dois reagentes diferentes e há mudança de cor, efervescência ou precipitação, isso evidencia uma reação química.

Estudante A3

A adição de água oxigenada à solução de cloreto ferroso, seguida pela adição de ácido clorídrico, no tubo 4, também foi uma reação que ocorreu com a mudança de coloração. O mesmo aconteceu no tubo 5, quando misturadas a solução de dicromato de potássio, água oxigenada e solução de ácido sulfúrico (*frames* omitidos). Essas mudanças foram anotadas por A3 sem discussão, que escreveu o que os colegas falaram.

No tubo 10 (Figura 21, *frame* 33), a solução de dicromato de potássio, juntamente com a solução de ácido sulfúrico, manteve a coloração laranja até ser adicionado o álcool, a coloração então mudou para verde, indicando uma reação de oxidação, tendo como produto um aldeído. Com o balançar das mãos, A3 tentou entender o que aconteceu, o que foi explicado verbalmente por A2.

Pela pouca participação de A3 no decorrer da aula, pelo que observamos das suas gesticulações icônicas e pela sua participação no grupo, afirmamos que A3 apresenta dificuldades de aprendizagem no conceito de óxido-redução, nos conteúdos de concentrações de soluções, nas regras de segurança e no uso de materiais de laboratório. Nesse sentido, é importante relatar que A2 sempre estava por perto, auxiliando no cálculo da quantidade de volume de ácido clorídrico para a preparação da solução e nas anotações das observações das ocorrências nos tubos de ensaio.

Afirmamos que os signos relacionados a A3 foram icônicos, porque foram atos mecânicos que não indicam uma aprendizagem de fato, o que o coloca, nesse instante, na categoria da primeiridade, pela semelhança da fala à dos colegas e as anotações que realiza e a não correspondência entre o conteúdo e o que acontece no experimento.

As gesticulações de A1 e A2 mostram que os dois possuem técnicas e destrezas válidas e revelam muito sobre seus conhecimentos. A1 e A2 apresentaram adequada compreensão sobre os conceitos de soluções, concentração de soluções e de reações. Ao coletarem os reagentes, não os colocaram todos de uma só vez nos tubos de ensaio, esperaram para adicionar o segundo reagente, quando pudessem observar.

Como todas as reações eram de óxido-redução, evidenciadas pela mudança de cor ou pela liberação de gás, não foram percebidas pelos estudantes durante a aula devido à lentidão. Duas, em particular, a do tubo 1 (alumínio e solução de sulfato de cobre) e a do tubo 7 (limalha de ferro e água), eram reações muito lentas e por isso também não foram presenciadas.

Além da mudança de cor ou liberação de gás, havia necessidade de conhecer a tabela de reatividade dos metais para fazer o cálculo do número de oxidação e verificar se houve perda e ganho de elétrons. Isso não aconteceu. As

anotações *in loco* dos estudantes com relação a esses dois tubos⁶ foram de que não houve reação, ou seja, eles não possuíam o domínio da reação de óxido-redução como a transferência de elétrons e, portanto, suas conclusões foram equivocadas.

Para escreverem o relatório era preciso transcrever as reações na forma de símbolos químicos, representando as substâncias por suas respectivas fórmulas e finalizando as reações com a formação dos produtos. Isso só foi realizado mesmo com o auxílio do professor, de acordo com as anotações da pesquisadora. Daí que, a análise da gesticulação dos estudantes leva à conclusão de que a técnica não foi empecilho para a aprendizagem do conceito, pois todos apresentaram manipulação apropriada à preparação da solução de ácido clorídrico e à coleta dos reagentes.

O problema de conceituação apresentado foi em relação às fórmulas das substâncias e ao conceito de reação de óxido-redução propriamente dito, já que os estudantes compreenderam o conceito de reação química. Assim, em relação aos conceitos de reação química, as gesticulações desses estudantes são classificadas de simbólicas, pois se encontram em terceiridade. Mas, em relação ao conceito de óxido-redução, suas gesticulações se mostraram indiciais, colocando-os em secundidade, visto que fazem relações pseudocausais dos experimentos com reações químicas, quando deveriam relacioná-las ao conteúdo de reações de oxirredução.

Isso revela que ainda há um caminho a ser percorrido até a generalização, a interpretação do conteúdo visto em sala de aula aplicado ao experimento. Seria desejável avançar no que diz respeito às suas experiências colaterais, permitindo-os passar da secundidade à terceiridade.

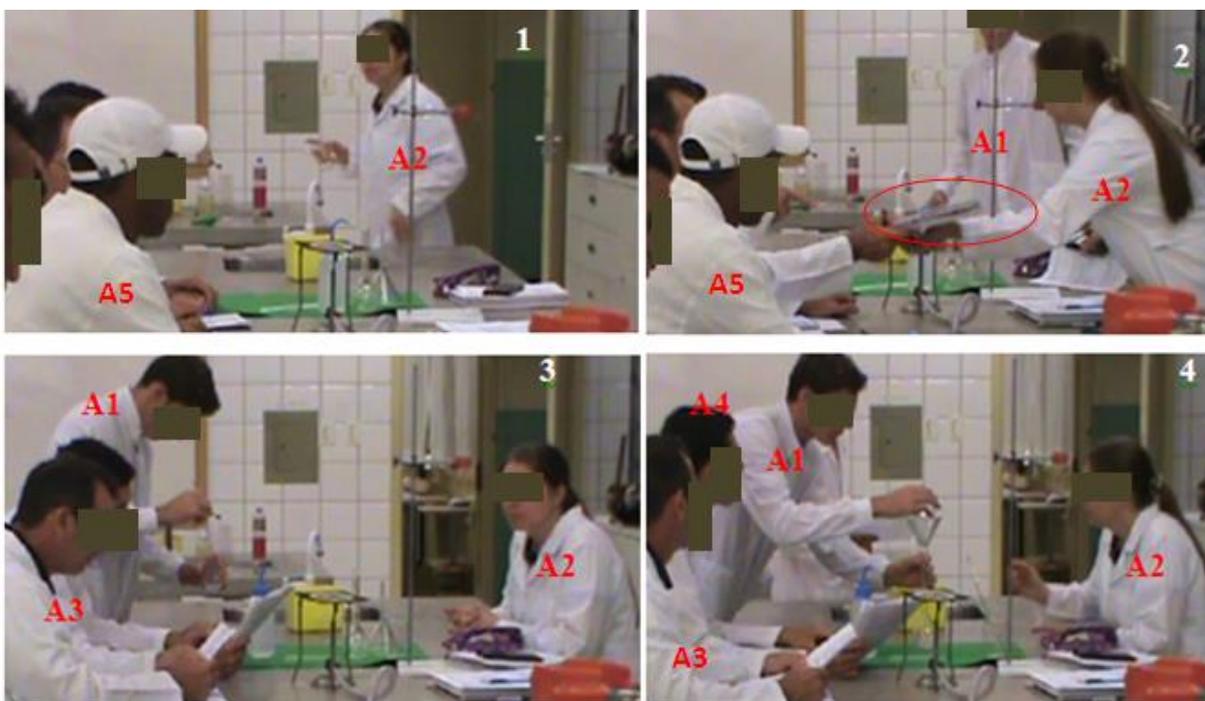
4.1.3 Atividade 3 – Preparação de Solução de Hidróxido de Sódio

Nesta atividade, como descrito no capítulo anterior, os estudantes deveriam preparar uma solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L a partir de dados apresentados pelo professor a respeito do rótulo do reagente.

⁶ Registradas no caderno de campo da pesquisadora

Descrição geral da gesticulação: o professor, ao iniciar a atividade prática, explicou aos estudantes o procedimento no cálculo da massa de hidróxido de sódio a ser pesada e, também, como efetivar a pesagem com segurança. Os estudantes do grupo A iniciaram os cálculos (*frames* omitidos). A1 e A2 os resolveram com rapidez e se dirigiram a pesagem (figura 22, *frame* 1). A2 retornou, entregou o caderno aos colegas com os cálculos resolvidos enquanto A1 seguiu para a balança (figura 22, *frame* 2). A1 dissolveu o hidróxido de sódio no béquer, enquanto A3 terminou os cálculos acompanhado por A2 (figura 22, *frame* 3).

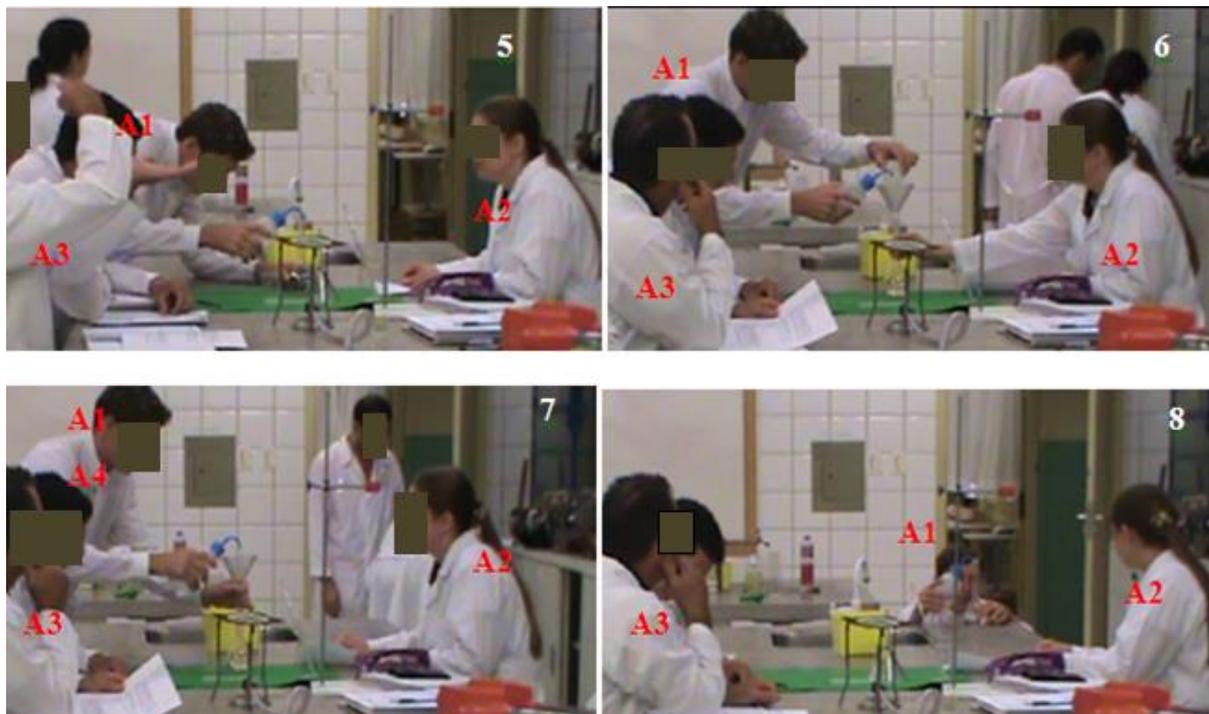
Figura 22 –Frames 1 a 4: resolução do cálculo para encontrar a quantidade de matéria de hidróxido de sódio a ser coletada.



Fonte: o próprio autor

O estudante A1 iniciou a transferência do hidróxido de sódio dissolvido no béquer para o balão volumétrico. A2 colaborou e colocou o funil no balão volumétrico para que A1 fizesse a transferência com segurança (*frames* omitidos). Os colegas A3 e A4 acompanharam o processo (figura 22, *frame*4). A2 auxiliou A1 nas sucessivas lavagens do bastão de vidro, béquer e funil com o auxílio da pisseta. A água foi transferida para o balão o que evitou desperdício de soluto restante nas paredes das vidrarias durante a dissolução (figura 23, *frames* 5 e 6).

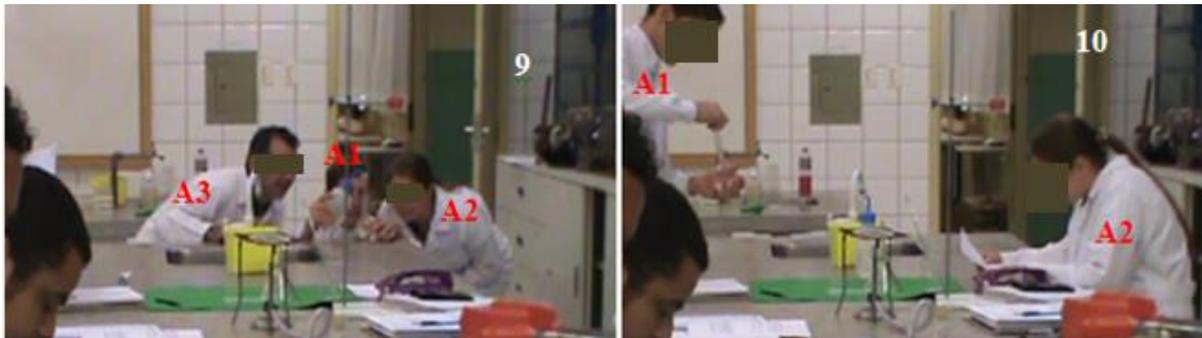
Figura 23 –*Frames 5 a 8*: dissolução do hidróxido de sódio em água e transferência da solução para o balão volumétrico.



Fonte: o próprio autor

A1 completou o balão volumétrico com água destilada, enquanto A3 gesticulava e explicava para o grupo o que A1 fez, assinalou com a mão direita, num sinal de vai e vem, na altura de seus olhos (figura 23, *frame5*) e explicou o que era menisco. Ele esperou a confirmação de A2. A1 se dirigiu para o outro lado da mesa, abaixou-se e continuou a preencher o balão (*frame 8*). Então, A2 e A3 se levantaram e foram conferir com A1 o menisco a fim de confirmarem o volume da solução (figura 24, *frame 9*). A3 saiu, conversou com a laboratorista e voltou, gesticulou repetindo os movimentos de A1 para a completa dissolução da solução e foi buscar um recipiente para armazenar a solução preparada (*frames omitidos*). A2 leu os procedimentos para A1. Ele agitou o balão invertendo-o para cima e para baixo para sua completa homogeneização e juntos, fizeram o relatório.

Figura 24 – *Frames* 9 e 10: dissolução do hidróxido de sódio em água e transferência da solução para o balão volumétrico.



Fonte: o próprio autor

Interpretação dos significados:

Em relação aos cálculos, A1 e A2 apresentaram facilidade em realizá-los, visto a rapidez com que os fizeram de acordo com as observações da pesquisadora. As gesticulações de A1 e A2 foram signos simbólicos, pois demonstraram correta aplicação e domínio do conteúdo teórico a respeito de concentração de soluções em relação aos cálculos. Em contrapartida, seus colegas de grupo, A3 e A4, ao pedirem o caderno emprestado para A2 (*figura 22, frame 2*), com o objetivo de copiar as contas relativas ao cálculo da massa de hidróxido de sódio, mostraram não saber resolvê-las. Em razão disso, suas gesticulações foram icônicas, pois não houve compreensão e sim ações mecânicas, de simples cópia.

Estudante A1

No decorrer da atividade, A1 realizou corretamente os procedimentos para a preparação da solução. Dissolveu o hidróxido de sódio com uso do bastão (*figura 22, frame 3*), fez a transferência da dissolução para o balão com segurança ao usar o funil (*figura 22, frame 4*) e a lavagem dos materiais utilizados para o aproveitamento total da dissolução (*figura 22, frames 5 e 6*). A1 utilizou a pisseta, completou o volume da solução do balão volumétrico com água destilada e observou o menisco de acordo com as regras do trabalho em laboratório. Ele apresentou gesticulações simbólicas, demonstradas pelos *frames* de 3 a 10 (*figuras 22 a 24*) e

anotações no caderno de campo que correspondeu a ações empíricas relacionadas aos conceitos de concentração e preparação de soluções, observados pela destreza dos cálculos elaborados e também das técnicas necessárias à sua aplicação. As gesticulações simbólicas de A1 nos permitiram interpretar que o estudante se apropriou do conceito de concentração e, portanto, foi inserido na terceiridade, pois relacionou, por meio de convenção, o conteúdo com a atividade de laboratório.

Estudante A2

A2 demonstrou gesticulações simbólicas ao concretizar os cálculos para a massa do hidróxido de sódio, ação esta observada e anotada pela pesquisadora, e visto na figura 22 (*frame 2*) a entrega do caderno de A2 para que A3 copiasse os cálculos referente a massa. A2 ajudou A3 a entender todo o processo de preparação da solução ao acenar afirmativamente com a cabeça que a explicação de A3 estava pertinente. Ou seja, ela concordou com as explicações de A3 a respeito da observação do menisco e também com a homogeneização da solução (figura 23, *frame 5* e anotações da pesquisadora). Esta última ação de A2 foi interpretada como gestos de compreensão do conceito “concentração de soluções”, visto que colaborou adequadamente na preparação dessa solução. Ela relacionou os dados da atividade de ensino com as fórmulas do conteúdo de concentração e diluição e efetuou os cálculos, ou seja, sua experiência colateral propiciou informações de mediação entre o conceito concentração e diluição de soluções e sua aplicação. Dessa forma, por suas gesticulações simbólicas de interpretação, mediação e resolução dos cálculos pudemos categorizar A2 em terceiridade.

Estudante A3

O estudante A3 explica o preparo da solução por meio das gesticulações (figura 23, *frame 7*) em frente a A2, movimentando as mãos como se estivesse refazendo a atividade para a colega (figura 23 *frame 8*). Ela ficou atenta e com um balanço de cabeça concordou com A3. A1 estava abaixado no quanto da bancada a fim de observar o menisco e completar a medida. A3 apontou para A1 (figura 24, *frame 9* e omitidos), e demonstrou, por gesticulações, que A1 media o menisco e,

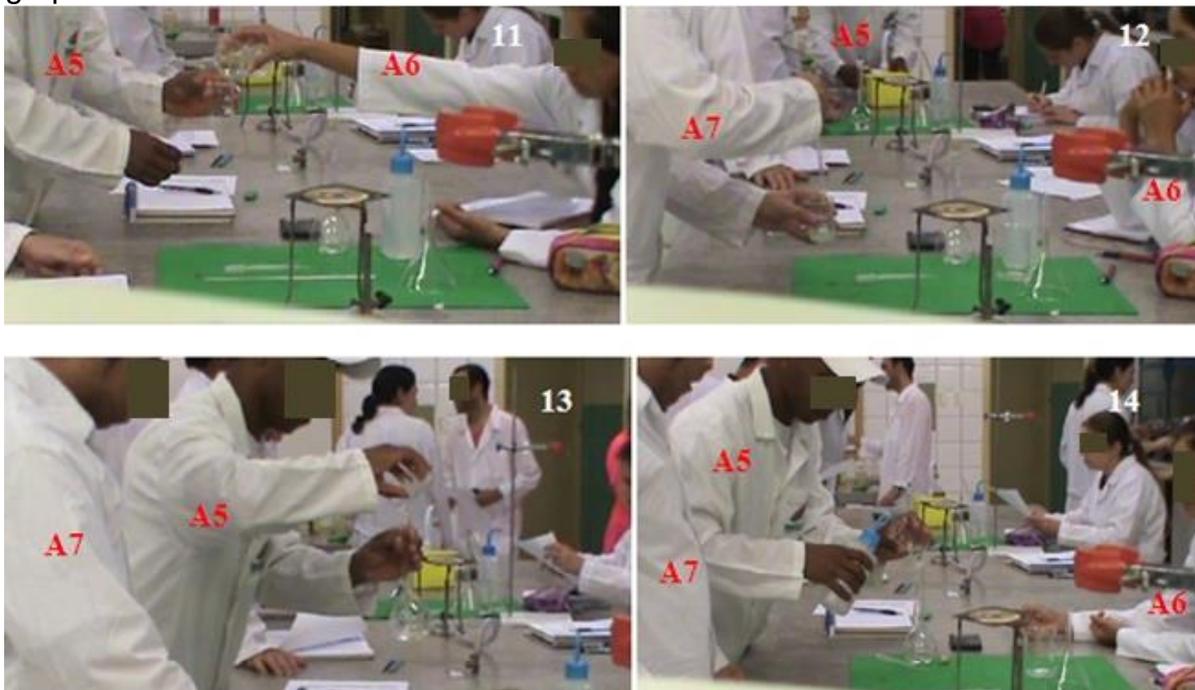
neste instante, A2 e A3 se levantaram e foram se unir a A1 para verificarem juntos a precisão da medida (figura 24, *frame9*).

Enquanto A1 preencheu o balão, A3 representou o balão e o menisco por meio de gesticulações e pediu a confirmação de A2 (figura 23, *frame 7*). Com essas gesticulações ele ativou sua experiência colateral e fez uma retomada do conteúdo da atividade, mas precisou do aval de A2 para a confirmação de que estava correto. Ao lado de A1, no início da agitação do balão, ele também gesticulou e reproduziu a ação de A1 de agitar o balão, com movimentos dos braços e mãos para cima e para baixo (*frames* omitidos e anotações no caderno de campo). Pelo *frame 7* (figura 23) e por aqueles omitidos, A3 apresentou gesticulações indiciais e pseudocausais visto que houve relações entre experimento e conteúdo, mas a mediação do conceito do conteúdo foi concretizada por A2. Neste instante, A3 se encontrava em secundidade. Mas, como observamos no *frame 2* (figura 22), A3 não apresentou autonomia para o cálculo da massa de soluto necessária para a preparação da solução de hidróxido de sódio para copiar os cálculos. Ação também observada e anotada pela pesquisadora, a respeito do pedido do caderno de A2 para copiar os cálculos. Portanto, naquele as suas ações expressaram gesticulações icônicas produto de mera cópia das ações dos colegas e falta de autonomia, colocando A3 em primeiridade.

Preparação de solução de hidróxido de sódio pelo grupo 2

Descrição geral da gesticulação: A5 auxiliou os colegas de grupo a resolverem a equação da concentração e calcularem a massa de hidróxido de sódio necessária para o preparo da solução (*frames* omitidos e *frame 11*, figura 25). Os colegas continuaram com os cálculos (*frames* omitidos) enquanto A5 foi até a balança e voltou com o hidróxido de sódio no béquer para ser dissolvido. A6 adicionou ao béquer uma pequena quantidade de água destilada a pedido de A5 (figura 25, *frame 12*).

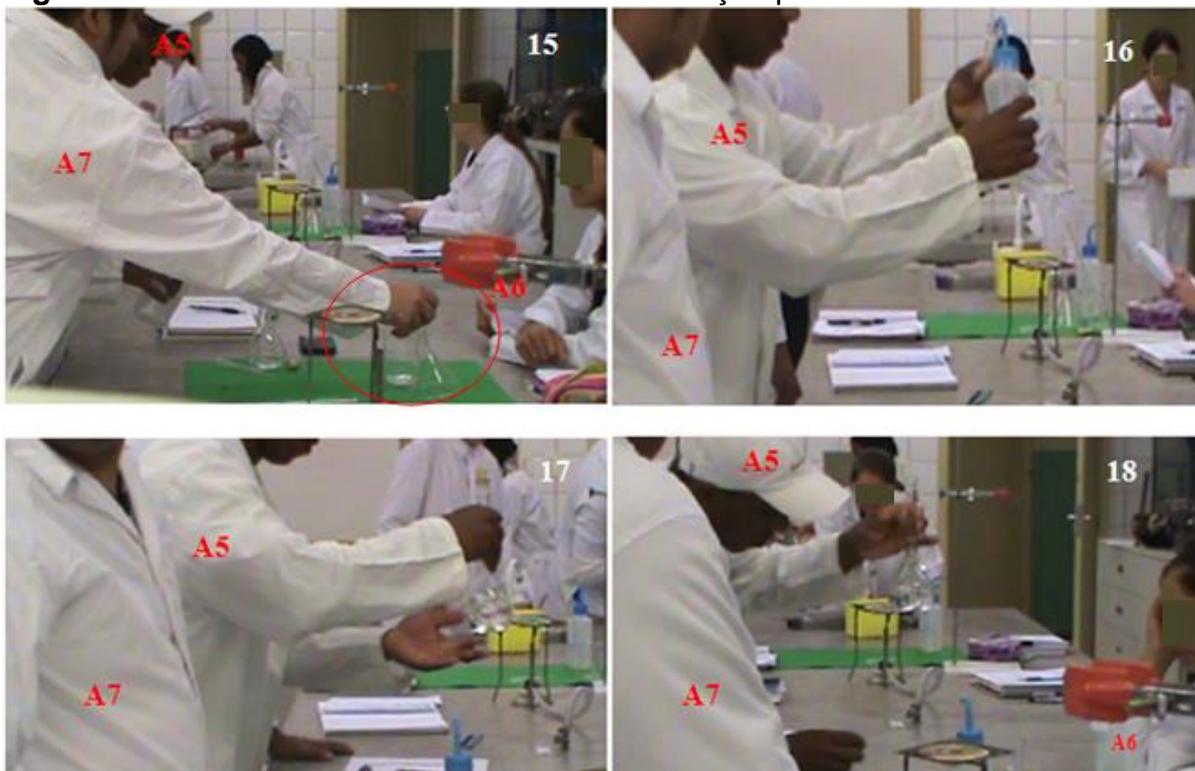
Figura 25 – *Frames 11 a 14*: dissolução do hidróxido de sódio pelos estudantes do grupo 2.



Fonte: o próprio autor

A5 foi lavar as mãos, pois fez a pesagem sem luvas, e A7, a pedido de A5, utiliza o bastão para fazer a dissolução (figura 25, *frame 13*). A5 voltou, terminou a dissolução e transferiu a mistura para o balão volumétrico sem o uso do funil, sob a observação de A7 (figura 25, *frame 14*). A5 fez a lavagem do béquer para arrastar todo o soluto que pudesse ter restado e, novamente, transferiu para o balão. A7 pegou o funil para A5 e ele rejeitou (figura 26, *frames 15 e 16*).

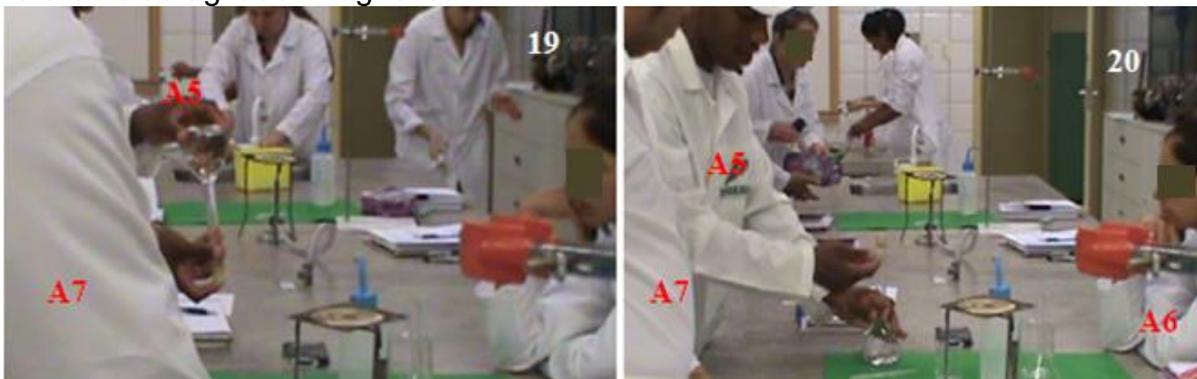
Figura 26 –Frames 15 a 18: transferência da solução para o balão volumétrico.



Fonte: o próprio autor

A5 utilizou a pisseta e pediu a A6 a pipeta para completar o balão volumétrico e com os braços no ar o preencheu até o menisco. (figura 26, *frame* 17, 18 e *frames* omitidos). Com a inversão do balão, num movimento de sobe e desce com as mãos, A5 fez a homogeneização da solução e observou novamente (figura 26, *frame* 18, figura 27, *frame* 19 e *frames* omitidos).

Figura 27 –*Frames 19 a 20*: homogeneização da solução e explicação de A5 referente ao agitador magnético.



Fonte: o próprio autor

A5 terminou a preparação da solução e explicou para os colegas que eles poderiam ter feito a dissolução do soluto e depois a homogeneização da solução de maneira diferente, utilizando o agitador magnético (figura 27, *frame 19*).

Interpretação dos significados:

Estudante A5

No *frame 11* (figura 25), A5 explicitou por meio de suas gesticulações simbólicas que compreendeu o conceito de concentração de soluções, porque fez o cálculo necessário e explicou ao seu grupo como fazer. Ele também demonstrou ter domínio desse conceito científico ao se levantar para fazer a pesagem e voltar com a quantidade adequada do hidróxido de sódio para o preparo da solução.

Todos os integrantes do grupo possuíam uma experiência colateral de anos anteriores a respeito do conteúdo concentração e diluição de soluções e regras de segurança do uso do laboratório. O aluno A5 descumpriu regras de segurança quando manuseou reagentes tóxicos sem luvas e deixou de utilizar o funil ao transferir a solução para o balão volumétrico, ainda em alta concentração (figuras 25 e 26, *frames* de 14 a 16 e anotações da pesquisadora). Uma técnica na preparação de soluções é a de lavar 2 a 3 vezes com água destilada o material utilizado na dissolução (béquer, funil e baqueta) para a retirada de todo soluto que pudesse estar grudado nas paredes dos mesmos. Dessa forma, quanto ao conteúdo concentração de soluções A5 apresentou gesticulações simbólicas e concluímos que ele estava,

neste instante, em terceiridade, pois fez a mediação entre o conteúdo de concentração de solução e o experimento, uma vez que sabia as condições suficientes a respeito do conteúdo (anotações no caderno de campo). Mas, as últimas gesticulações de A5 demonstraram a não vinculação das técnicas de laboratório ao experimento, visto que elas subsidiariam A5 a preparar uma solução adequadamente. Portanto, em relação às técnicas de segurança no laboratório A5 apresentou gesticulações indiciais, fez relações, houve uma ação e reação, mas as relações foram pseudocausais, o que o categoriza em secundidade.

Apesar de a manipulação operacional encontrar-se errada, o estudante, com sua gesticulação simbólica, forneceu evidências de ter compreendido o conceito estudado. A5 tinha domínio parcial da técnica e do uso dos materiais de laboratório, como pudemos observar pelos *frames* 19 e 20 (figura 27) e pelas anotações da pesquisadora, pois explicou aos colegas, utilizando-se de gesticulações, que a dissolução e a homogeneização poderiam ter se efetivado por meio do agitador magnético. Nesse momento, A5 demonstrou gesticulações simbólicas referentes aos conhecimentos das técnicas de laboratório e com correta aplicação da teoria o que caracteriza a terceiridade.

Estudante A6

A estudante A6 precisou do auxílio de A5 para resolver os cálculos de concentração (figura 25, *frame* 11) e só realizou algo a pedido de A5 como no *frame* 14 (figura 25). Por esses *frames* e pelas anotações no caderno de campo, pudemos interpretar que A6 apresentou gesticulações icônicas, visto que se caracterizam pela repetição do que A5 lhe mostrou ou pediu para fazer, sem demonstração de autonomia. Dessa forma, concluímos, por suas gesticulações icônicas, que A6 se encontrava em primeiridade.

Estudante A7

O estudante A7 agitou o soluto no béquer para dissolvê-lo conforme o *frame* 13 (figura 25), porque A5, antes de sair, fez uma gesticulação de agitação em círculos com a mão (anotações da pesquisadora). Ao retornar, A5 assumiu o comando da atividade e A7 ficou em pé ao seu lado, em silêncio, para auxiliá-lo. Em

determinado momento A7 ofereceu o funil a A5 (figura 26, *frame* 16), mas não porque soubesse que deveria ser usado necessariamente e sim porque assistiu a atividade do grupo A enquanto A5 fazia a pesagem do soluto.

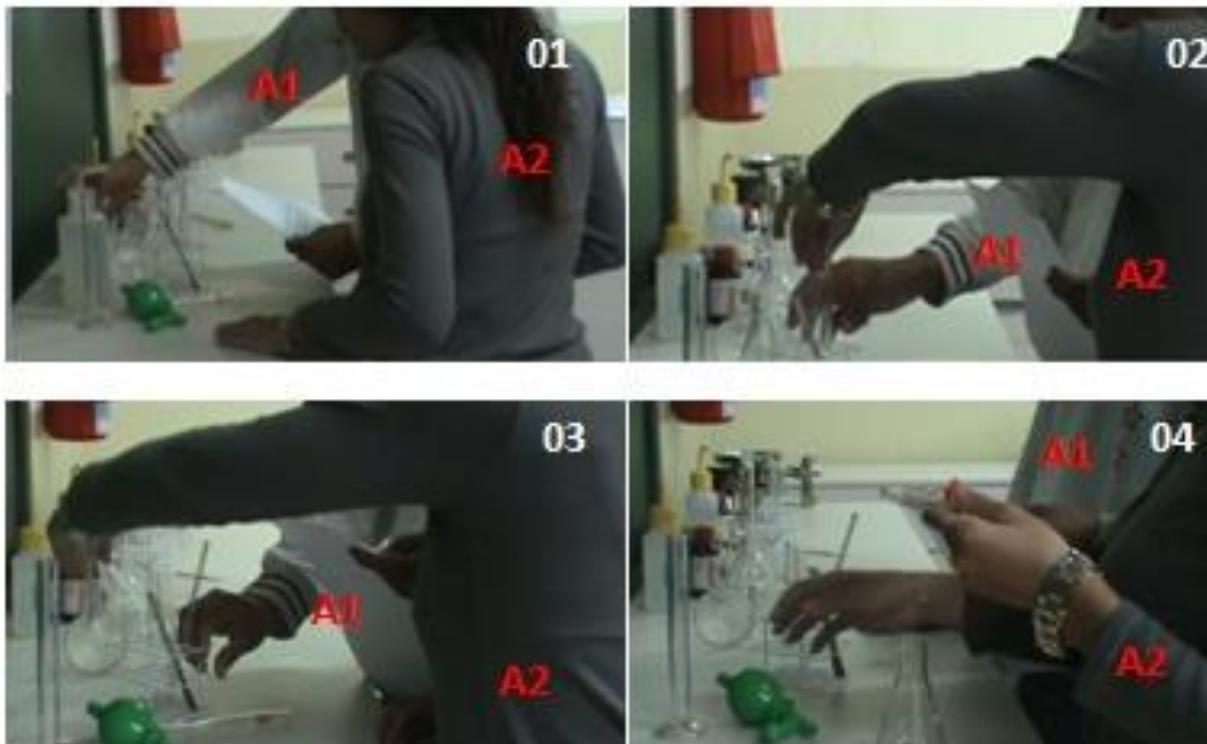
Sendo assim, as gesticulações icônicas de A7 demonstraram que não há completo domínio da compreensão do conceito de concentração de soluções, como se vê no *frame* 11 (figura 25) em que A5 auxiliou A7 a resolver o cálculo da massa e, também, no *frame* 16 (figura 26), quando ele pegou o funil e depois o devolveu à mesa sem questionar (anotações da pesquisadora). A gesticulação icônica é resultado de apenas imitação do grupo anterior (figura 22, *frame* 1), sem saber realmente da necessidade em usá-lo, mesmo porque não houve insistência em colocá-lo na boca do balão. Pela interpretação das gesticulações icônicas de A7 o classificamos em primeiridade.

4.1.4 Atividade 4 – Reação de Oxidação do Álcool Etílico pelo Dicromato de Potássio em Meio Ácido

Nesta atividade os estudantes precisariam separar os materiais e reagentes, fazer a pesagem do dicromato de potássio, misturar os reagentes e observar a reação. O objetivo dessa atividade era realizar a reação de oxidação do álcool etílico pelo dicromato de potássio em um meio ácido para a obtenção de um aldeído.

Descrição das gesticulações: A1 estava com o roteiro da experiência escrita em suas mãos, leu a instrução, selecionou o material e entregou a A2, como pode ser visto, a seguir, na figura 28 (*frame* 1). Ao ler em sua lista “tubo de ensaio”, A2 pegou o tubo e, em seguida, o devolveu, apanhando o próximo material: *erlenmeyer*, lido na lista de material (figura 28, *frame* 2, 3, 4 respectivamente). Ele pegou ainda a pipeta e a pera mesmo sem estarem na lista (figura 29, *frame* 5).

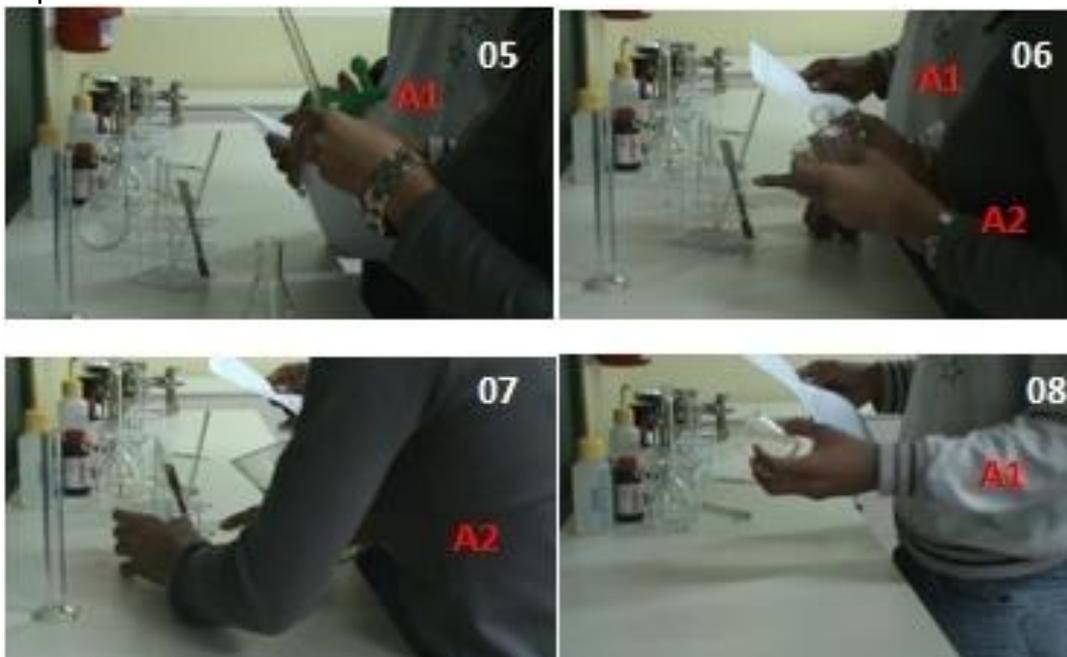
Figura 28 –Frames 1 a 4: separação de materiais e reagentes para realização do experimento.



Fonte: o próprio autor

Na próxima figura (29), percebe-se que ao ler “suporte para tubo de ensaio”, A1 fez um gesto dêitico, apontando para o suporte (*frame 6*). O estudante A2 pegou, então, alguns dos materiais (*frame 7*), levou à mesa e voltou para terminar a separação dos materiais.

Figura 29 –Frames 5 a 8: separação de materiais e reagentes para realização do experimento.



Fonte: o próprio autor

Quando todo o material estava selecionado, sobrou, na bancada, o béquer. A1 o pegou (figura 29, *frame* 8) e mostrou para A2, ação visualizada agora já na figura que segue, a de número 30 (*frame* 9).

Juntos, leram a lista de materiais novamente e A1 devolveu o béquer (figura 30, *frame* 10). Os dois voltaram à mesa e realizaram o experimento. A atividade experimental iniciou-se com a pesagem do dicromato pelos estudantes A1 e A2 (figura 30, *frame* 11), a transferência deste para o *erlenmeyer*, a medida da água e o princípio da dissolução (*frames* omitidos).

Figura 30 –Frames 9 a 12: final da separação de materiais e reagentes e pesagem do soluto.

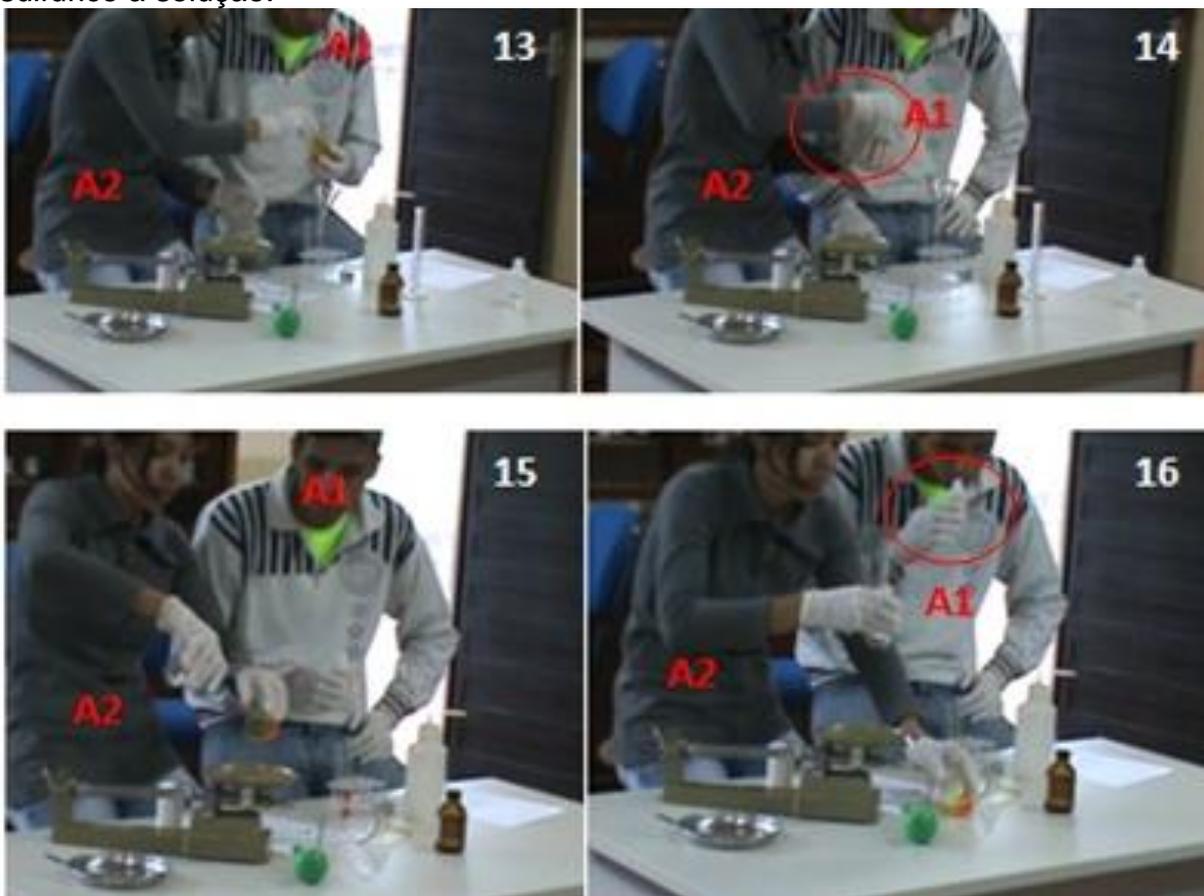


Fonte: o próprio autor

Para a solubilização, A1 utilizou o bastão de vidro e agitou o *erlenmeyer* com as mãos (*frame 12*).

A próxima figura, número 31, mostra que A2 retirou o bastão de A1, tampou com a palma de sua mão e o agitou, virando o *erlenmeyer* para baixo e para cima (*frames 13 e 14*), para que a dissolução ocorresse mais rápido. A professora chamou a sua atenção, então, A2 pegou o bastão, agitou mais um pouco e transferiu a solução para o tubo de ensaio (*figura 31, frame 15*).

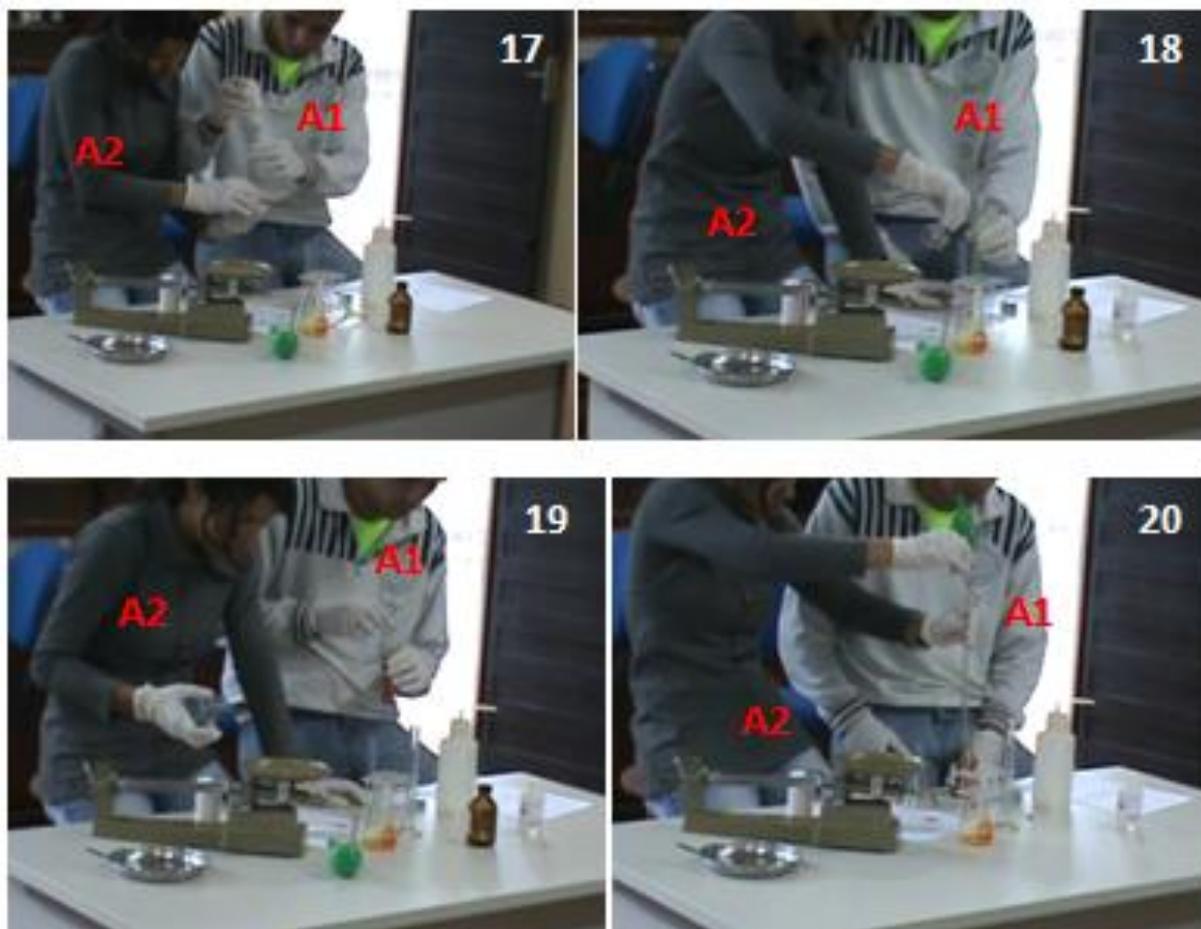
Figura 31 –*Frames 13 a 16*: dissolução do dicromato de potássio e adição de ácido sulfúrico à solução.



Fonte: o próprio autor

Em seguida, A1 e A2 adicionaram 3,0 ml de ácido sulfúrico à solução de dicromato de potássio. Antes de fazerem a medida, A1 levou o frasco perto do nariz para cheirar (figura 31, *frame 16* e figura 32, *frame 17*).

Figura 32 –Frames 17 a 20: adição de álcool etílico à solução de dicromato e ácido sulfúrico.

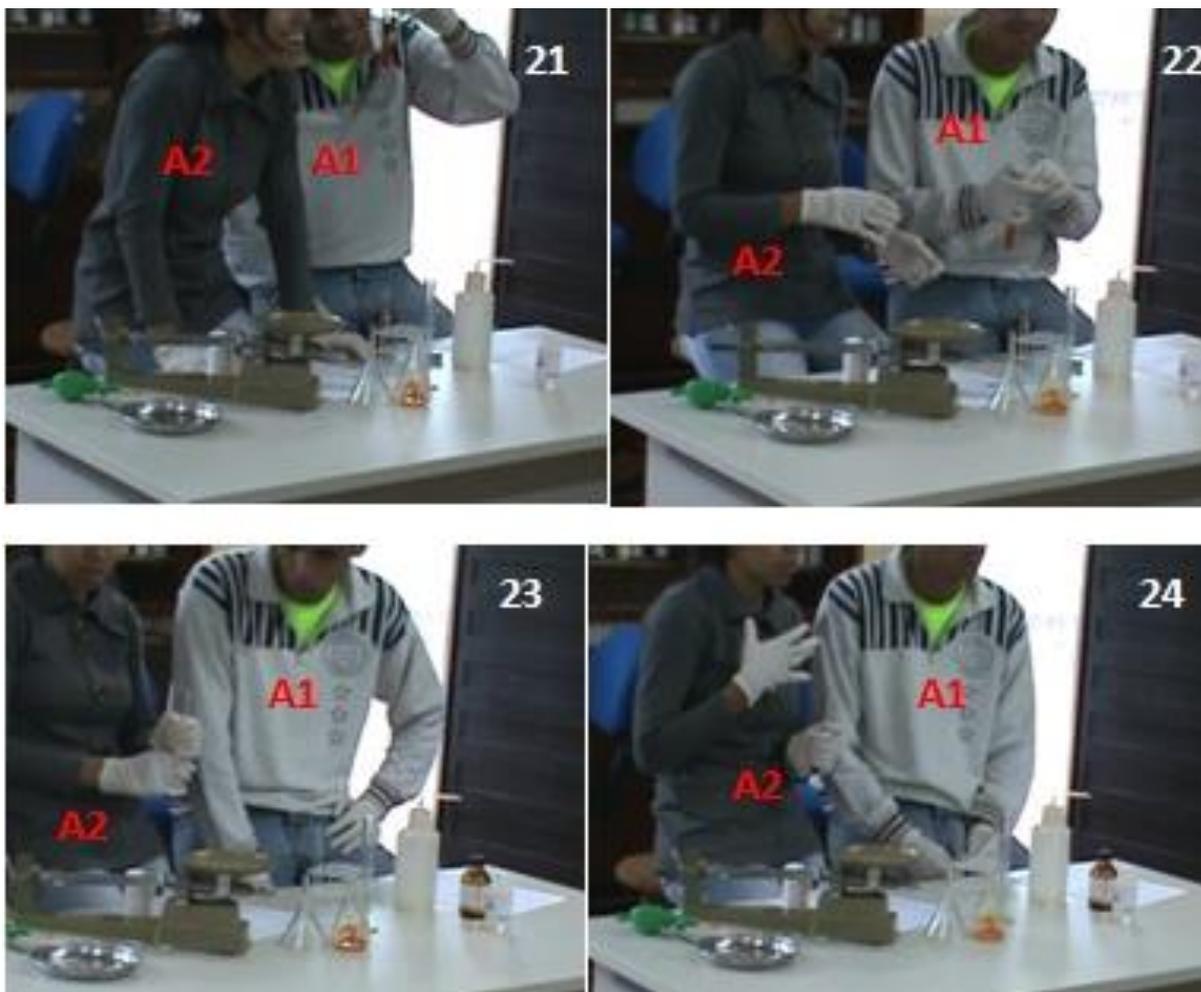


Fonte: o próprio autor

Vemos, no *frame* 18 (Figura 32), que A2 adicionou álcool etílico à solução de dicromato e, juntos, A1 e A2 observaram a reação (figura 32, *frames* 19 e 20).

Eles se alegraram com a mudança de cor da solução (figura 33, *frame* 21) e perceberam que o tubo também começou a esquentar (figura 33, *frames* 22 e 23). A2 tentou explicar o que aconteceu (figura 33, *frame* 24).

Figura 33 –Frames 21 a 24: final da reação.



Fonte: o próprio autor

Interpretação das gesticulações

Os estudantes A1 e A2 separaram o material adequadamente até o momento em que A1 mencionou o tubo de ensaio. A2 colocou a mão sobre o material e devolveu-o (figura 28, *frame 2*). Suas gesticulações foram indiciais, visto que A2 tinha dúvidas se aquele material era ou não o tubo de ensaio, o que ficou claro quando ele devolveu o tubo e pegou o próximo material, lido por A1, o *erlenmeyer* (figura 28, *frame 3*) que, neste caso, foi reconhecido corretamente.

No momento em que A2 pegou a pera (figura 28, *frame 5*), ele sabia que a utilizaria junto com a pipeta. Quando A2 apontou para o suporte de tubo de ensaio, permitiu que A1 reconhecesse o tubo como o material correto, já listado (figura 29, *frame 6*), pois este estava sobre aquele. O suporte funcionou como indício para o reconhecimento do tubo de ensaio para ambos os colegas.

Ao pegar o béquer (figura 29 e 30, *frames* de 8 a 10), A2 já havia lido a lista de materiais, sabia que em sua lista não estava escrito béquer, mas o fato de haver um sobre a mesa o levou a pensar que este material também seria usado. Com as gesticulações indiciais de A1 e A2 (figuras de 28 a 30, *frames* de 1 a 10 e anotações da pesquisadora), pudemos concluir que eles estavam em secundidade, visto que suas relações com os materiais de laboratório foram pseudocausais, ou seja, eles relacionaram os materiais ao procedimento mesmo não sendo relações corretas.

Observando os estudantes no laboratório, por meio de suas gesticulações, interpretamos que a pesagem do dicromato de potássio, a sua transferência para o *erlenmeyer*, a medida da água colocada no *erlenmeyer* e o início da dissolução (figura 30, *frames* 11 a 12 e omitidos) foram ações corretas até o momento em que A2 retirou o *erlenmeyer* da mão de A1 para agitá-lo, tampando o frasco com a palma da mão (figura 31, *frames* 13 e 14). O dicromato de potássio é um sal tóxico e corrosivo e essa informação estava contida no frasco, mas, pelas gesticulações, fica claro que a informação não foi suficiente para que A2 tomasse cuidado ao manusear a solução.

As gesticulações nos permitiram observar o descuido de A1 quando aproximou o frasco de ácido sulfúrico perto de seu nariz para cheirar (figura 31, *frame* 16). Na situação real de sala de aula, essa ação não foi percebida pela professora, mas foi apontada pela pesquisadora e observada, posteriormente, na filmagem. São ações errôneas, como citadas acima, já advertidas pela professora em sala de aula.

Pelas gesticulações observadas, os estudantes A1 e A2 expressaram gesticulações simbólicas por compreender o que é mistura e dissolução de substâncias (figuras 30, 31 e 32, *frames* 12, 15 e 20), por exemplo, o que nos permitiu, neste instante, categorizá-los em terceiridade. Mas, a grande totalidade foi de gesticulações indiciais (figuras 29 a 31, *frames* de 8 a 10, 13 e 14, 16) visto que não houve obediência às regras de segurança no uso do laboratório, havendo necessidade de se voltar e enfatizar esse assunto mais vezes. São técnicas de laboratório que precisavam ser dominadas para entendimento dos conteúdos químicos, seja de oxidação ou qualquer outro.

Eles fizeram relações, houve dualidade, mas estas atuaram de maneira pseudocausal, não houve relação causa/ efeito correta, mas sim errônea e perigosa,

pois, embora soubessem que deveriam misturar os reagentes e começar a agitação, não se deram conta do perigo de queimadura que corriam ao agitar o *erlenmeyer* entre as mãos (figura 31, *frame 14*) e ao tampar o tubo de ensaio com o próprio dedo polegar (figura 33, *frame 22*). Além disso, cheirar o frasco contendo ácido sulfúrico (figura 31, *frame 16*) poderia queimar suas narinas. Suas gesticulações indiciais, nestes casos, por apresentarem relações pseudocausais e desconsiderarem as regras de segurança, permitiu-nos classificá-los em secundidade.

Outra interpretação que extraímos das gesticulações de A1 foi a de que ele apresentou um problema conceitual relativo às funções inorgânicas. Ele ignorou o conceito de ácido (ácido forte ou fraco, corrosivo ou não corrosivo), ou seja, não havia significado para ele. Sem observar nenhum cuidado, desobedeceu as regras de segurança, o que ficou bem claro pela sua ação na Figura 31 (*frame 16*). As gesticulações icônicas de A1, neste instante, permitiu categorizá-lo em primeiridade, pois não houve nenhuma análise da ação, tanto em relação ao conteúdo funções inorgânicas (ácidos), quanto às regras de segurança, nem uma relação entre o que foi expresso e o significado do conteúdo científico, naquele momento específico.

A2 adicionou o ácido sulfúrico à solução de dicromato (figura 32, *frame 17* e 18) e esta continuou alaranjada (figura 32, *frame 19*). Quando A2 adicionou gotas de álcool etílico (figura 32, *frame 20*), a solução começou a ficar verde, evidenciando a formação do aldeído acético, que é uma reação de oxidação do álcool (figura 33, *frame 21*). O significado das gesticulações alusivas à oxidação é limitado, porque, observando o vídeo (figura 33, *frame 21*) e as anotações do caderno de campo, os estudantes admiraram a mudança de cor, mas não relacionaram com o conteúdo, visto que não se deram conta da reação, pois não conseguiram explicar o fenômeno como uma transformação química.

Em seguida, A1 quis agitar o tubo de ensaio, tampando-o com o polegar (figura 33, *frame 22*), e, mais uma vez, a professora chamou a atenção do grupo para que fizessem o procedimento correto, corrigindo-os e explicando como fazer. Neste instante, suas gesticulações indiciais mostraram que A1 tinha o conceito certo de misturar os componentes, mesmo a técnica estando errada, mas como a relação entre o conceito e a técnica de laboratório foi pseudocausal, ou seja, não houve correspondência entre o conteúdo e a técnica, colocou-o em secundidade.

Conforme a reação ocorreu, a solução esquentou e A2 demonstrou ter percebido isso quando envolveu o tubo com as mãos (figura 33, *frame 23*). Essa gesticulação indicial de A2 evidenciou uma relação pseudocausal, visto que A2 não sabia que iria esquentar, foi totalmente sem intenção, ele simplesmente tocou e percebeu que esquentou, por isso está em secundidade, pois houve uma dualidade, mas não referente à oxirredução.

A partir desse momento, a professora questiona se a reação ocorrida foi endotérmica ou exotérmica. Após lembrarem o que entendiam dos prefixos endo- e exo-, A2 usou de gesticulações indiciais para explicá-los. Gesticulou equivocadamente para indicar saída e entrada de calor, representando-as de maneira oposta ao que deveria ocorrer (figura 33, *frame 24*) e respondeu à professora que a reação era endotérmica porque liberava calor, o que caracteriza mais uma vez a secundidade.

Ao final da atividade experimental, a professora fez uma retrospectiva da aula, ativando a experiência colateral dos estudantes. Esses se recordaram da dissolução do dicromato de potássio na água (figura 30, *frame 12*), ligando-a ao conteúdo sobre concentração de soluções - inclusive fazendo comentários sobre diluição de soluções (soluções mais concentradas e menos concentradas, soluções saturadas) - e termoquímica (reação exotérmica e endotérmica) (figura 33, *frame 23*). Mas, de acordo com as anotações da pesquisadora, a aprendizagem do conceito principal, que era a oxidação, não foi atingida. Assim, por suas gesticulações indiciais, concluímos que A1 e A2 não conseguiram interpretar a operação de adição do álcool etílico à mistura de solução aquosa de dicromato de potássio e ácido sulfúrico para a formação de aldeído acético, que é uma reação de oxidorredução. Isso nos permitiu categorizá-los em secundidade.

Nesta análise, identificamos gesticulações icônicas, quando, por exemplo, não foram observadas as regras de segurança no laboratório, mas encontramos algumas gesticulações simbólicas, referentes aos conteúdos de misturas, dissolução e também quando interpretamos a aprendizagem de conceitos, ainda que parcialmente. Foram identificadas ainda muitas gesticulações indiciais, visto que se apresentaram também relações pseudocausais. Dessa forma, haveria a necessidade de se retomar esses conteúdos envolvidos, como funções inorgânicas, termoquímica e reações de oxidação, a partir do que as gesticulações permitiram

perceber, ou seja, o nível de conhecimento da dupla em primeiridade, secundidade e terceiridade, nesse caso, sobre os conteúdos didáticos.

4.2 DISCUSSÃO GERAL DOS DADOS

Os multimodos ou as múltiplas representações foram estudados por diversos pesquisadores (HAND et al, 2009, KLEIN; KIRKPATRICK, 2010; LABURÚ; SILVA, 2011; LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011; LEMKE, 1998, 2003) como um recurso muito importante para o ensino e a aprendizagem. Acreditamos que as múltiplas representações, de fato, apoiam a aprendizagem, permitindo informações nas facilidades e dificuldades que os estudantes possuem nos conteúdos desenvolvidos nas aulas das diversas disciplinas e em nosso caso em especial, da Química. O experimento como uma forma de representação permitiu uma compreensão mais profunda do conteúdo, pois foi experimentada uma situação real que possibilitou aos estudantes construir abstrações sobre conceitos, aumentando a probabilidade de transferi-los para novas situações vivenciadas em comunidades.

Muitos autores da Educação Matemática (EDWARDS, 2009; KAPUT, 2009; MASCHIETTO; BUSSI, 2009; RADFORD, 2009; RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009; SFARD, 2009; WILLIAMS, 2009) investigaram os gestos e os multimodos na aprendizagem de conceitos matemáticos. Nesse sentido, nossa pesquisa teve um grande avanço ao estudarmos os gestos em conjunto com ações em atividades empíricas, que denominamos de gesticulações. Outros autores (ALMEIDA et al, 2011; LABURÚ, GOUVEIA; BARROS, 2009; ROTH; LAWLESS, 2002; LEITES, BERNARROCH; PERALES, 2008; MUCELIN; BELLINI, 2013; PADILHA; CARVALHO, 2008; PELEGRINI, 1995; PICCININI; MARTINS, 2004; PERALES PALLACIOS, 2006; WARTHA; REZENDE, 2011) apresentaram pesquisas a partir de uma perspectiva da semiótica peirciana. Em relação a estes, nosso trabalho se difere na utilização de uma reinterpretação da semiótica peirceana para análise das gesticulações. Alguns pesquisadores (GOLDIN-MEADOW; BEILock, 2010; KIM et al, 2011; PING; GOLDIN-MEADOW, 2010; ROTH; WELZEL, 2001; ROTH, 2001) principiaram a apresentação de dados dos gestos como ações, mas

essa é a primeira pesquisa que relaciona a gesticulação (gestos e ações) no laboratório de química.

A reinterpretação da semiótica de Peirce oportunizou-nos a construção de um instrumento de análise para as gesticulações dos estudantes. Os resultados proporcionados pela observação das gesticulações na relação do experimento com o conteúdo (experiência colateral) nos permitiram a análise do processo de aprendizagem dos estudantes no laboratório de química. A presente pesquisa foi, na sua essência, um estudo sobre a gesticulação dos estudantes expressada nas relações que o estudante fez entre conteúdo e experimento. Observar a gesticulação foi muito importante e pode revelar muita coisa sobre o ensino e a aprendizagem porque “gesticular sobre um ato requer que você represente aquele ato” (GOLDIN-MEADOW e BEILLOCK, 2010, p.672). A semiótica peirciana nos ajudou a interpretar, entender, traduzir essas gesticulações, levando em conta não somente aspectos relacionados ao conteúdo da experimentação em si, mas aspectos subjacentes aos conteúdos necessários para que se tornassem possíveis as interações entre conteúdos passados e atuais.

Quando os estudantes estão aprendendo conceitos científicos, interagindo com várias formas de representação, tais como diagramas, gráficos, equações, experimentos, podem obter benefícios exclusivos. Em nossa pesquisa utilizamos a representação dos experimentos e no decorrer da atividade de ensino, por exemplo, os estudantes puderam deixar transparecer evidências que mostraram, muitas vezes, o não domínio de determinados conteúdos. Fizeram combinações inadequadas de reagentes, utilizaram materiais inadequados ou deixaram de utilizar materiais necessários à segurança, muito importantes para evitar danos à saúde de todos, fato este que, talvez, por outras representações, não fosse observado.

Dos dezesseis alunos analisados, cinco se encontravam em primeiridade, dois em secundidade e nove em terceiridade de acordo com a figura abaixo.

Figura 34 – Quadro de resultados dos 16 alunos analisados de acordo com o conhecimento científico relacionado à experimentação.

| GESTICULAÇÕES CATEGORIAS | ICONICAS | INDICIAIS | SIMBOLICAS | PORCENTAGEM |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|
| PRIMEIRIDADE | 5 | | | 31% |
| SECUNDIDADE | | 2 | | 12,5% |
| TERCEIRIDADE | | | 9 | 56,5% |

Fonte: o próprio autor

Esses dados representam que mais de 50% dos estudantes pesquisados realizaram interpretações, fizeram generalizações, arrolaram suas experiências colaterais ao desenvolvimento da experimentação, e suas gesticulações simbólicas nos permitiram dizer que a aprendizagem foi significativa.

Como mostra a Figura 34, as gesticulações icônicas nos permitiram identificar mais de 31% de estudantes cujos conhecimentos prévios, ou seja, a experiência colateral, não colaboraram muito, pois não conseguiram relacionar essa experiência com o que realizavam no laboratório. Portanto, por não haver análise e por ser uma possibilidade, esses alunos foram categorizados na primeiridade. Encontram-se classificados, parcialmente, nesta categoria, aqueles que, por algum motivo, não conseguiram fazer relações de dualidade com partes de conteúdos necessários à atividade.

Figura 35 – Quadro de resultados dos 16 alunos analisados de acordo com outros conteúdos abordados não relacionados diretamente ao experimento.

| GESTICULAÇÕES CATEGORIAS | ICONICAS | INDICIAIS | SIMBOLICAS | PORCENTAGEM |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|
| PRIMEIRIDADE | 1 | | | 6,25% |
| SECUNDIDADE | | 6 | | 37,5% |
| TERCEIRIDADE | | | 9 | 56,5% |

Fonte: o próprio autor

Com o olhar voltado para o conteúdo da atividade, foi possível identificar 12,5% dos estudantes na categoria da secundidade (Figura 34), já que, pela sua definição, secundidade é a categoria que se relaciona com as ideias de ação e reação, conflito, dependência, dualidade.

Agora, como mostra a figura 35, as gesticulações indiciais, se analisadas de acordo com os conteúdos abordados nos experimentos, mas oriundos das experiências colaterais dos estudantes, e não aqueles específicos da atividade, direcionaram nossas interpretações para a secundidade, na qual 37% dos alunos foram categorizados (Figura 35). Por conseguinte, no decorrer do estudo, constatamos que a compreensão a respeito do conteúdo ficou consolidada na maior parte dos alunos. Entre as dificuldades apresentadas, a maioria foi a respeito às técnicas e às normas de segurança de laboratório.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo a que nos propusemos com a realização deste trabalho foi atingido. De início houve dificuldade em entender o que realmente pretendíamos fazer e como fazer. Queríamos estudar, não só os gestos, mas a ação do estudante no laboratório, seus movimentos, os materiais que utilizavam e como o manuseavam. Não queríamos estudar só os gestos de apontamento ou os metafóricos, queríamos ir além. Então, decidimos por gesticulações – gestos e as ações em conjunto. Mas, como analisar? Após alguns estudos, decidimos usar a semiótica de Peirce. A princípio, entender um pouco de semiótica como um todo, e principalmente a semiótica peirceana, foi laborioso. Por isso resolvemos escrever um histórico da semiótica que nos auxiliou na compreensão desse conteúdo tão importante e de tão diversa aplicação. Aprofundamo-nos na semiótica de Peirce por ser esta de nosso interesse para a construção do instrumento que nos propiciasse uma melhor análise de dados.

Entendendo a experimentação como um modo de representação de conteúdos químicos, optamos em escrever a respeito da multimodalidade ou múltiplas representações, por acreditar ser um facilitador da aprendizagem. Mais adiante descrevemos a história dos gestos e sua aplicação em diversos trabalhos e propusemos um avanço nas pesquisas, analisando a gesticulação dos estudantes em uma atividade experimental no laboratório de química. A gesticulação é um modo de representação revelador e expressivo para a pesquisadora, pois comunica como se dá a relação entre o experimento e o conteúdo já visto, denominado nessa pesquisa de experiência colateral.

Para a pesquisa procuramos por um colégio que tivesse curso técnico subsequente em química, ou seja, dois anos de curso após o Ensino Médio. Dessa forma, os estudantes já possuíam uma experiência anterior (experiência colateral) ao realizar os experimentos. As gesticulações produzidas nessas atividades foram observadas, analisadas e interpretadas no sentido a obter informações que tornasse o ensino de química mais eficiente e, por consequência, melhorasse aprendizagem. O objetivo foi alcançado.

Para coletar os dados precisávamos nos deslocar de uma cidade a outra por uma distância de sessenta e cinco quilômetros. Os contratempos foram muitos,

estrada ruim, chuvas que não deixavam os estudantes irem para a escola, horário de trabalho dos professores e da pesquisadora, dias marcados com cancelamento quando já estava a caminho. Conseguimos filmar dez aulas, mas nem todas foram analisadas. Algumas atividades foram descartadas, pois os professores participaram demais nos experimentos, explicando aos alunos como deveriam proceder, passo a passo. A primeira análise foi repetida várias vezes até encontrarmos o instrumento de análise adequado. Após encontrar e nos certificar de que havíamos conseguido o instrumento acurado, então, reiniciamos as análises. Conseguimos analisar quatro atividades em tempo hábil para a finalização desta pesquisa. Outras dificuldades pessoais também tomaram muito tempo para a finalização do trabalho. Mas, conseguimos terminar graças à compreensão do orientador a quem muito agradeço.

Este trabalho procurou mostrar a necessidade de se prestar atenção às ações exteriorizadas dos estudantes com a finalidade de conhecer se os significados dos conceitos por eles construídos foram adequados às atividades de ensino. Além da possibilidade de averiguar conceituações do aprendiz, a proposta se destaca por apontar para uma característica própria às atividades experimentais e que faz com que o modo de representação por gesticulação distinga-se como modo de representação privilegiado em relação a outros modos. Com o resultado desta pesquisa mostramos que a gesticulação é possível de ser analisada e interpretada.

Pouco consideradas e frequentemente menosprezadas no ensino, durante a materialização dos conceitos via atividades empíricas, manifestam-se questões de ordem técnica e operacional sem as quais tal materialização se torna impraticável. Essas questões referem-se aos procedimentos ou destrezas experimentais necessárias à manipulação envolvida na operacionalização de instrumentos e experiência em processos laboratoriais e técnicas.

A gesticulação contribui não só como instrumento para o professor perscrutar o que os estudantes estão aprendendo do conhecimento científico em construção, como fizemos ver, mas, acima de tudo, quando vinculada à atuação empírica, torna-se parte fundamental da elaboração do pensamento desse conhecimento. No primeiro caso, o professor tem a possibilidade de redirecionar e corrigir ações didáticas, visando o melhor aprendizado do aluno. No segundo, permanece o princípio maior a respeito do modo representacional da gesticulação: a indissociável relação entre compreender e saber fazer. Em outras palavras, isso significa que o aprofundamento da compreensão conceitual científica abrange

também saber aplicá-los em situações reais, ao mundo, o que, por sua vez, implica gestos em ação.

Sabemos que professores já usam a gesticulação em seu processo de ensino, mas muitas vezes o fazem em uma situação de perigo, como no caso de observar um estudante manuseando ácidos sem luva. Dessa forma, este trabalho poderá contribuir para a formação de professores, que, observando comportamentos, encontrarão regularidades e isso fará com que treine o olhar para que, no momento de sala de aula, possa reconhecer essas gesticulações com mais facilidade ao observar os estudantes e compreender seus sinais corporais.

Esta pesquisa traz como contribuição o fato de poder ser aplicada a todas as ciências, na formação de professores ou com os estudantes do Ensino Fundamental e Médio. O professor das ciências tendo conhecimento dessas gesticulações e a filmagem da atividade, em uma oportunidade posterior, poderá mostrá-las aos estudantes e juntos identificarem as dificuldades, possibilitando uma melhora no ensino e aprendizagem da ciência em questão.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, p.47-59. 1994.
Disponível em: <www.usask.ca/education/people/aikenhead/>. Acesso em: 27 ago 2007.

AINSWORTH, S. **The educational value of multiple representations when learning complex scientific concepts**. 2008. Disponível em: <http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/Shaaron.Ainsworth/Ainsworth_Gilbert.pdf>. Acesso em 08/01/2012.

AIREY, J.; LINDER, C. A disciplinary discourse perspective on university science learning: achieving fluency in critical constellation of modes. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 46, n. 1, p. 27-49, 2009.

ALMEIDA, L.M. W.; SILVA, K. A. P. da; VERTUAN, R. E. Sobre a categorização dos signos na semiótica peirciana em atividades de modelagem matemática. **REIEC Revista electronic de investigación e educación em ciencias**. v.6, n.1, 2011.

AMÉRICO, E. V. **Iúri Lotman: entre biografia e obra**, FFLCH/USP, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.usp.br/rus/images/edicoes/Rus_n02/10_VOLKOVA-E-luri-Lotman-rev.pdf>. Acesso em: nov.2014.

ARZARELLO, F.; PAOLA, D.; ROBUTTI, O. SABENA, C. Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, Mar, 2009.

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p.365-379, 1996.

BAROLLI, E.; LABURÚ, C. E.; GURIDI, V. Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 9, n. 1, p. 88-110, 2010.

BLOWN, E.; BRYCE, T. G. K. Conceptual coherence revealed in multi-modal representations of astronomy knowledge. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 32, n. 1, p. 31-67, 2010.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRESSEM, J.; LADEWIG, S. H. Rethinking gesture phases: articulatory features of gesture movement? **Semiotica**, 184 (1-4), 53-91, 2011.

- CHANDLER, D. **Semiotics for Beginners**. 1995. Disponível em:<<http://www.aber.ac.uk/media/Documents/S4B/semiotic.html>>. Acesso em 25 maio 2014.
- CORBALLIS, M. **The gestural origins of language**. 1999. Disponível em:<<http://www.americanscientist.org/issues/pub/1999/2/the-gestural-origins-of-language/2>>. Acesso em: ago.2012.
- CORRAZE, J. **As comunicações Não-Verbais**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- CURVELO, A. C. M. **Do Teatro aos quadrinhos: um estudo semiótico da tragédia de Romeu e Julieta**. 2013. Disponível em:<http://bdtd.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/9/TDE-2014-01-30T135229Z-2191/Publico/ArquivoTotal.pdf>. Acesso em: nov.2014
- DAVIS, F. **A Comunicação Não-Verbal**. 7. ed. São Paulo: Summus, 1979.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales**. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, 2004.
- ECO, H. **Tratado geral de semiótica**. Estudos. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- _____. **O signo**. Lisboa: Presença, 1985.
- EDWARDS, L. D. Gestures and conceptual integration in mathematical talk. In: **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.127-141, mar 2009.
- FIDALDO, A.; GRADIM, A. **Manual da Semiótica**. 2004/2005. Disponível em:<<http://www.bocc.ubi.pt/pag/fidalgo-antonio-manual-semiotica-2005.pdf>> Acesso em 08 jan. 2012.
- GALIAZZI, M.C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência e Educação**, v.7, n.2.p. 249-263, 2001.
- GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.
- GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOLDIN-MEADOW, S; BEILOCK, S. Action's influence on thought: the case of gesture. **Perspectives on Psychological Science**. v.5, n. 6. P. 664-674, 2010.
- GRILLO, M. Por que falar ainda em avaliação. In: ENRICONE, D.; GRILLO, M. (Org.). 2. ed. **Avaliação: uma discussão em aberto**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.
- GUIRAUD, P. **A linguagem do corpo**. Trad. Lólio Lourenço de Oliveira. São Paulo: Ed. Atica, 2001.

HAND, B; GUNEL, M.; ULU, C. Sequencing embedded multimodal representations in a writing to learn approach to the teaching of electricity. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 46, n. 3, p. 225-247, 2009.

HINDE, Robert. A. **Non-verbal communication**. Oxford, England: Cambridge U. Press, 1972.

HODSON, D. Experimentos em Ciências e Ensino de Ciências. **Educational Philosophy and Theory**, v.18, n.53, p. 53-66, 1988.

_____. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFFMANN, J. **Avaliação mediadora**: uma prática em construção da pré-escola à universidade. Porto Alegre: Mediação, 2009.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. **Science Education**, v. 88, p. 28–54, 2003.

IBRI, I. A. Ser e aparecer na filosofia de Peirce: o estatuto da fenomenologia. **Cognitio Revista de Filosofia**, São Paulo, n.2, p.67-75, 2001.(EDUC)

JAIPAL, K. Meaning making through multiple modalities in a biology classroom: a multimodal semiotics discourse analysis. **Science Education**, Hoboken, v. 94, n. 1, p. 48-72, 2010.

JOLY, M. **Introdução à análise da imagem**. 7.ed. Papyrus Editora: 2004.

KAPUT, J. Building intellectual infrastructure to expose and understand ever-increasing complexity. **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.211-215, Mar/ 2009.

KASTENS, K. A; AGRAWAL, S; LIBEN, L.S. **Research Methodologies in Science Education**: The Role of Gestures in Geoscience Teaching and Learning, Submitted to the Journal of Geoscience Education: "Research Methodologies in Science Education" column. 2007. Disponível em http://web3.ldeo.columbia.edu/edu/eesj/directors/kastens/pubs/Kastensetal_GeoGe st_Long.pdf. Acesso em: 19 mar. 2012.

KENDON, A. **Gesture**: visible action as utterance. United of America: Cambridge University Press, 2004.

KLEIN, P. D.; KIRKPATRICK, L. Multimodal literacies in science: currency, coherence and focus. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 40, n. 1, p. 87-92, 2010.

KIM, M. et al. Children's gestures and the embodied knowledge of geometry. **International Journal of Science and Mathematics Education**, n. 9, p.207-238, 2011.

LABURÚ, C.E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS; M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 7-24, abr. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p7>>. Acesso em: 12 Mar. 2014.

_____; SILVA, O. H. M. da. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência e Educação**, Bauru, v.17, n.3, p. 721-734, 2011.

_____; BARROS; M. A; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas Representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

_____; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

_____. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, 2005.

LEITES, L. M.; BERNARROCH, B. A.; PERALES, F. J. P. Las imágenes sobre enlace químico usadas em los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 26, n. 2, p. 153-176, 2008.

LEMKE, J. L. **Teaching all the languages of science: words, symbols, images and actions**. 2003. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2014

_____. Multiplying Meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. **Reading Science**. 1998. Disponível em: <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/mxm-syd.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar**: estudos e proposições. 6. ed. São Paulo: Cortez, 1997.

_____. Prática educativa: processo versus produto. **Revista ABC EDUCATIO**, nº 52, p.20-21, dez/2005-jan/2006. Disponível em: <http://www.luckesi.com.br/textos/abc_educatio/abceducatio_52_processo_educativo_pratica_versus_produto.pdf> Acesso em 10 mar. 2015.

MACHADO, A. H. Pensando e falando sobre os fenômenos químicos. **Revista Química Nova na Escola**, n.12, Novembro, 2000.

_____ ; MOURA, A. L. A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em química. **Revista Química Nova na Escola**. n.2, novembro, 1995.

MACHADO, I. **Escola de semiótica**: a experiência de Tartú-Moscou para o estudo da cultura. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

McCREARY, C. L., GOLDE, M. F., KOESKE R. Peer instruction in the general chemistry laboratory: assessment of student learning. **Journal of Chemical Education**, v. 83, no. 5, p. 804-810, 2006.

MCNEILL, D. **Hand and mind**: what gestures reveal about thought. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

MASCHIETTO, M; BUSSI, M. G. B. Working with artefacts: gestures, drawings and speech in the construction of the mathematical meaning of the visual pyramid. In: **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.143-157, Mar. 2009.

MICHELS, P. B. The role of experimental work. **American Journal of Physics**, College Park, v. 30, n. 3, p. 172-178, 1965.

MIZUKAMI, M. da G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo:EPU, 1986.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

_____. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011

MUCELIN, C. A.; BELLINI, L. M. Semiótica, semiose e signo: análise sógnica de uma imagem fotográfica combase em tricotomias de C. S. Peirce. **Koan Revista de Educação e Complexidade**, n. 1, p.61-77, jan. 2013.

NEDELSKY, I. Introductory physics laboratory. **American Journal of Physics**, College Park, v. 26, n. 2, p. 51-59, 1958.

NICOLAU, M. et. al. Comunicação e semiótica: visão geral e introdutória à semiótica de Peirce. **Revista Eletrônica Temática**. Ano VI, n.8, ago. 2010.

NÖTH, W. **A semiótica no século XX**. São Paulo: Annablume, 1996.

_____. **Panorama da semiótica**: de Platão a Peirce. São Paulo: Annablume, 1995.

O'BYRNE, B. Knowing more than words can say: using multimodal assessment tools to excavate and construct knowledge about wolves. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.31, n.4, p.523-539, 2009.

OGDAN, C. K.; RICHARDS, I. A. **The meaning of meaning**. New York: Harcourt Brace Iovanovich, 1989.

ORGASTAD, S. Mathematics and mathematics education as triadic communication? A semiotic framework exemplified. **Education Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 61, n. 1-2, p. 247-277, 2006.

PADILHA, J. N.; CARVALHO, A. M. P. **Gestos e palavras utilizados pelos alunos do ensino fundamental em uma aula de conhecimento físico**. 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0302-1.pdf>>. Acesso em: 12 jul.2009.

PANAOURA, I. E.; ERACLEOUS, A.; GAGATIS, A. Relations between secondary pupils' conceptions about functions and problem solving in different representations. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 533-556, 2007.

PATTERSON, N. D.; NORWOOD, K. S. A case study of teacher beliefs on students' beliefs about multiple representations. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Dordrecht, v. 2, n. 1, p. 5-23, 2004.

PEIRCE, C. S. **The collected papers of Charles S. Peirce (CP)**. Electronic edition reproducing. 1994. Disponível em: <<http://library.nlx.com/xtf/view?docId=peirce/peirce.00.xml;chunk.id=div.peirce.pmpreface.1;toc.id=;brand=default>>. Acesso em: 08 dez 2014.

_____. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 1977.

_____. **Semiótica e filosofia: textos escolhidos de Charles Sanders Peirce**. Trad. Octanny Silveira da Mota e Leonidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix, 1975.

_____. **Os pensadores: Peirce e Frege**. Seleção de Armando Mora D'Oliveira e tradução de Armando Mora D'Oliveira e Sergio Pomerangblum. São Paulo: Victor Civita, 1974.

PELEGRINI, R. T. **A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico**. Dissertação (Mestrado em Educação na área de psicologia) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1995.

PERALES PALLACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n.1, p.13-30, 2006.

PICCININI, C.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio**. Pesquisa em Educação em Ciências, v. 6, n. 1, p. 26-40, 2004.

PIETRO, L. J. **Mensagens e sinais**. São Paulo: Cultrix, 1973.

PIMENTA, S. M. O. **O signo da receptividade: uma visão sócio-construtivista da Interação**. Belo Horizonte: Faculdade de Letras UFMG, 2006.

PING, R.; GOLDIN-MEADOW, S. Gesturing saves cognitive resources when talking about non-present objects. **Cognitive Science**, 34, p.602–619, 2010.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v.28, n.15, p.1843-1866, 2006.

RADFORD, L. Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings. In: **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.111-126.mar. 2009.

_____. Gestures, speech, and the Sprouting of signs: a semiotic-cultural approach to students' types of generalization. **Mathematical Thinking and Learning**. v.5,n.1, p.37-70, 2003.

_____. Reaction to part III. On the cognitive, epistemic, and ontological roles of artefacts. In: GUEUDET, G.; PEPIN, B.; TROUCHE, L. (Ed.). **From test to "lived" resources**. NY: Springer, 2012.p. 238-288.

_____.; BARDINI, C.; SABENA, C. Perceiving the general: the multisemiotic dimension of student's algebraic activity. **Journal for Research in Mathematics Education**, v.38, n.5, p. 507-530,2007.

_____.; EDWARDS, L.; ARZARELLO, F. Introduction: beyond words. **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n. 2, p. 91–95, mar. 2009.

RECTOR, M.; TRINTA, A. R. **Comunicação do corpo**. São Paulo: Editora Ática, 1990.

ROTH, W-M. Gestures: their role in teaching and learning. **Review of Educational Research**, 71, 3, p.365-392, 2001.

_____. **Making use of gestures**: the leading edge in literacy development. Communicating science: Examining the discourse. 2007. Disponível em:<<http://education2.uvic.ca/Faculty/mroth/PREPRINTS/Literacy1.pdf>>. Acesso em Maio 2011.

_____.; WELZEL, M. From activity to gestures and scientific languages. **Journal of Research in Science Teaching**. v.38, n.1, p.103-136, 2001.

_____.; LAWLESS, D. Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. **Learning and Instruction**, n.12, p.285–304, 2002.

SALVADEGO, W. N. C. **A atividade experimental no Ensino de Química**: uma relação com o saber profissional do professor da escola média. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

SANTAELLA, L. **Matrizes da linguagem e pensamento**: sonora, visual e verbal. 3.Ed. 4. Reimp. São Paulo: Iluminuras: FAPESP, 2013.

_____. **A teoria geral dos signos**: como as linguagens significam as coisas. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

_____. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2007.

_____. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Thomson, 2005.

_____. **A teoria geral dos signos**: semiose e autogeração. São Paulo: Ática, 1995.

_____; NÖTH, W. **Comunicação e Semiótica**. São Paulo: Hackers, 2004.

_____; NÖTH, W. **Imagem**: cognição, semiótica, mídia. São Paulo: Iluminuras, 1998.

SCHNOTZ, W. Towards an integrated view of learning from texts and visual displays. **Educational Psychology Review**. 14. 1, p.101-121, 2002.

SÉRÉ, M. G. La enseñanza en el laboratorio. Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 357-365, 2002a.

_____. Towards Renewed Research Question from the Outcomes of the European Project Labwork in Science Education. **Science Education**, v. 86, p. 624–644, 2002b.

SFARD, A. What's all the fuss about gestures? A commentary. In: **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.191-200, Mar. 2009.

SHIBLEY JR, I. A., ZIMMARO, D. M. The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 79, no. 6, p. 745-748, 2002.

SOLOMON, J. The laboratory comes of age. **Teaching Science**, London/ New York, p. 7-21, 1994.

STEINBRING, H. **What makes a sign a mathematical sign?** An epistemological perspective on mathematical interaction. 2006. Disponível em: <http://www.edumatec.mat.ufrgs.br/artigos/esm_2008_v68/6semiotic.pdf>. Acesso em: ago. 2013.

THE ORIGINS of language. Direção de Bernard Favre. França, Crescendo films e NHK, 2008. 57 min., Dublado, colorido. Disponível em:<<https://youtu.be/cYJoXsfgenQ>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

TIBERGHIE, A. et al. An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries. **Science Education**, Hoboken, v. 85, n. 5, p. 483-508, 2001.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research Science Teaching**, v.37, p.313-331, 2007.

VASCONCELLOS, C. dos S. **Avaliação**: concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar. São Paulo: Libertad, 1995.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

_____. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **Electronic Journal of Science Education**, Georgetown, v. 11, n. 1, p. 87-107, 2006.

WANNER, M C. A. **Paisagens sígnicas**: uma reflexão sobre as artes visuais contemporâneas. Salvador: EDUFBA, 2010.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências** – v.16, n.2, p. 275-290, 2011.

WHITE, R. T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WILLIAMS, J. Embodied multi-modal communication from the perspective of activity theory. In: **Journal Educational Studies in Mathematics**, v.70, n.2, p.201-210, mar. 2009.

YORE, D. L.; HAND, B. Epilogue: plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 40, n. 1, p. 93-101, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Aspectos gerais dos conteúdos abordados nas atividades de ensino.

1 – Concentração e diluição de soluções

A concentração é utilizada em laboratórios e usada para indicar a composição de alimentos, medicamentos e materiais de limpeza e higiene. É só observar os rótulos de alimentos para perceber a concentração de vários nutrientes como carboidratos, proteínas e gorduras totais presentes por no alimento um dado volume de solução. Quando compramos um produto de higiene concentrado, é preciso diluir, ou seja, diminuir a concentração pela adição de solvente. Ou também, quando adoçamos um suco. Podemos deixá-lo concentrado ou saturado. Vai depender da quantidade de soluto (açúcar) que colocarmos.

As soluções são misturas homogêneas de duas ou mais substâncias (FELTRE, 2001) na qual não é possível distinguir os componentes da mistura. Em uma solução sempre há uma substância dispersa, chamada soluto (quem é dissolvido) em um dispersante, denominado de solvente (quem dissolve) (SANTOS; MÓL, 2008). As soluções podem ser classificadas de acordo com seu estado de agregação da solução (sólido, líquido e gasoso), de acordo com o estado de agregação do componente (líquido-líquido, sólido-líquido e gás-gás), de acordo com a proporção entre soluto e solvente (diluída e concentrada) e de acordo com a natureza do soluto (moleculares e iônicas).

Conhecer a quantidade de soluto presente determinada quantidade de solução. De modo geral, utilizamos o termo concentração de uma solução para nos referirmos a qualquer relação estabelecida entre a quantidade de soluto e a quantidade do solvente ou solução (FELTRE, 2001). Temos várias maneiras de expressar a concentração: gramas de soluto por litro de solução (g/L), mol de soluto por volume de solução (mol/L), massa de solução por volume de solução (g/cm³). Por isso é adotada a seguinte convenção: índice 1 para soluto, 2 para solvente e no caso da solução, é sem índice. Em nossa pesquisa os professores trabalharam os conceitos de concentração comum, concentração em quantidade de matéria e densidade. Por isso, nos deteremos a explicitar essas três.

Concentração Comum (C) é definida como a razão existente entre a massa do soluto (m_1) e o volume da solução (V). Sua unidade, de acordo com o Sistema Internacional (SI) é gramas por litro (g/L). Matematicamente é expressa pela fórmula:

$$C = \frac{m_1}{V}$$

$\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Massa do soluto em gramas
 $\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Volume da solução em litros
 $\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Concentração em gramas por litro (g/L)

Densidade (d) é a razão entre a massa da solução e o volume da solução.

$$d = \frac{m}{V}$$

$\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Massa da solução em gramas
 $\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Volume da solução em cm^3 ou mL
 $\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ Densidade da solução em gramas por centímetros cúbicos (g/cm^3)

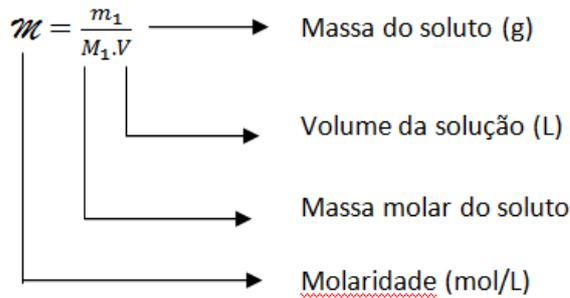
Observação: $m_{\text{solução}} = m_{\text{soluto}} + m_{\text{solvente}}$ ou seja, $m = m_1 + m_2$

Conforme mostrado acima, a concentração de uma solução tem como unidade padrão g/L (gramas por litro), porém ela pode ser expressa em outras unidades de massa e volume, como g/m^3 , mg/L, kg/mL, etc. Dessa forma, se dissermos que uma solução de água e açúcar tem concentração de 65 g/L, quer dizer que em cada litro da mistura (a solução e não o solvente) tem dissolvida uma massa de 65g de açúcar. E se dissermos que a densidade de uma substância é de $1,7\text{g}/\text{cm}^3$, quer dizer que em cada 1 centímetro cúbico ou em cada 1 mililitro de solução tem dissolvidos 1,7g de solução.

Concentração em mol por litro ou molaridade (M) da solução é a quantidade, em mol, do soluto existente em um litro de solução. Matematicamente é

expressa pelo quociente entre a quantidade do soluto em mol e o volume da solução em litros.

$$M = \frac{n_1}{V} \quad \text{como } n_1 = \frac{m_1}{M_1} \quad \text{então:}$$

$$M = \frac{m_1}{M_1 \cdot V}$$


Massa do soluto (g)

Volume da solução (L)

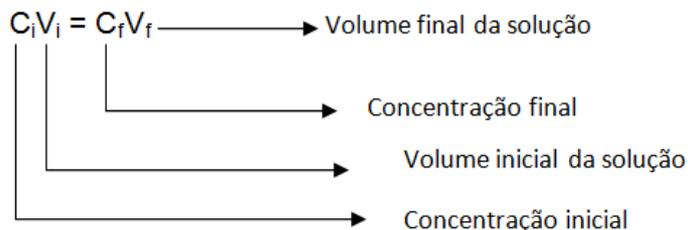
Massa molar do soluto

Molaridade (mol/L)

2 – Diluição de Soluções

Uma das atividades do químico é preparar soluções com concentração conhecida e isso deve ser feito a partir da medida precisa da massa do soluto e do volume da solução. Outro procedimento seria diluir soluções de concentração conhecida (SANTOS; MÓL, 2008). O processo de diluição consiste no acréscimo de solvente à solução. Dessa forma, a quantidade de soluto permanece constante, mas a quantidade de solvente aumenta e, por isso a concentração se altera visto que essa é a razão entre a quantidade de soluto e volume da solução.

Como a massa inicial e final do soluto (m_i e m_f) não se alteram, temos:

$$C_i V_i = C_f V_f$$


Volume final da solução

Concentração final

Volume inicial da solução

Concentração inicial

3 - Algumas situações de aplicação dos conceitos acima.

Primeira situação: (SANTOS; MÓL, 2008, p.318) As “bebidas energéticas” são ricas em cafeína e agem como poderosos estimulantes. Mas não possuem o poder o poder de nos carregar de energia. Antes de consumir esse tipo de bebida, convém ler os rótulos. Veja a composição de uma bebida energética qualquer: água gaseificada, sacarose, glicose, taurina (1000mg/250mL), glucoronolactona (60mg/250mL), cafeína (80mg/250mL), inositol (50mg/250mL), vitamina, ácido cítrico, caramelo e aromatizantes. Responda os itens a seguir.

- a) Calcule a concentração em massa (g/L) da cafeína, da taurina, da glucoronolactona e do inositol.
- b) será que podemos considerar a bebida energética como bebida isotônica (que visa a reidratar o corpo rapidamente)?
- c) Que pessoas não podem tomar esse tipo de bebida? Justifique.

Segunda situação: (SANTOS; MÓL, 2008, p.318) O soro caseiro é um grande aliado no combate à desidratação. Uma de suas receitas é dissolver 1 colher de chá de sal (NaCl), 2,5g, 8 colheres de chá de açúcar, (C₆H₁₂O₆), em um litro de água. Calcule a concentração em quantidade de matéria de cada componente dessa solução.

3 – Volumetria ou titulometria

É um dos processos clássicos de análise quantitativa utilizados em química. Pela medição do volume de uma solução conhecida que reage com a amostra em análise, determina-se a quantidade de soluto existente nessa amostra (solução de concentração desconhecida). Dessa forma, podemos dizer que volumetria “é o processo pelo qual determinamos a concentração de uma solução (ou quantidade de soluto nela existente) pela medição do volume de uma segunda solução, de concentração já conhecida (solução titulada), que reage com a primeira” (FELTRE, 2001, p. 313).

No laboratório, a análise volumétrica é feita com a bureta (tubo de vidro graduado que possui uma torneira em sua parte inferior). Na solução titulada, no

caso da acidimetria, por exemplo, a solução da base escoada da bureta para a solução problema, até a viragem, ou seja, até a mudança de cor provocada pelo indicador, e fecha a torneira. Faz-se a leitura do volume gasto da solução titulada e, então realiza os cálculos estequiométricos necessários para a finalização da reação.

4 – Reação de óxido-redução

As reações químicas em que o oxigênio é um dos reagentes foram denominadas historicamente como reações de oxidação. As reações inversas, de perda de oxigênio, foram denominadas de reação de redução, visto que reduzem a massa da substância inicial (SANTOS; MÓL, 2008). As reações de oxidação e redução são inversas uma da outra, pela transferência de elétrons, enquanto o primeiro doa elétrons e aumenta o seu número de oxidação, o segundo recebe e diminui o seu número de oxidação. Assim, definimos oxidação como o processo em que há perda de elétrons e redução o processo em que há ganho de elétrons. Então, em uma reação de óxido-redução ocorre transferência de elétrons entre as espécies envolvidas. O oxidante é o elemento ou substância que provoca a oxidação (ele próprio se reduzindo) e o redutor é o elemento ou substância que provoca a redução (ele próprio de oxidando).

Para sabermos se uma reação é de oxirredução, precisamos calcular o número de oxidação dos elementos e substâncias e analisar se na reação química houve ganho ou perda de elétrons. Esse cálculo parte de regras determinadas nas quais alguns compostos possuem números de oxidação (N_{ox}) fixos. Por exemplo, na reação $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$ (o metal ferro reage com uma solução aquosa de sulfato de cobre, formando como produto a solução aquosa de sulfato ferroso e cobre metálico). O ferro tem seu N_{ox} aumentado de 0 para 2 (sofre oxidação) e o cobre tem seu N_{ox} diminuído de 2 para 0 (sofre redução) portanto, esta reação química é uma reação de óxido-redução.

5 – Técnica de laboratório e regras de segurança

5.1 Normas de Segurança em laboratório

Em um laboratório de química, é primordial que o estudante assuma a postura cuidadosa e responsável durante os experimentos, com o objetivo de evitar acidentes e também, diminuir gastos desnecessários. Ao manusear os reagentes, vidrarias e equipamentos, não se deve ter medo, mas sim cautela para evitar acidentes. A concentração na realização da atividade de ensino no laboratório e o conhecimento a respeito desta são fatores que colaboram no combate a acidentes. A experiência no laboratório é segura se houver responsabilidade.

Algumas recomendações gerais de comportamento que devem ser seguidas pelos estudantes em um laboratório são:

- . Usar sempre óculos de segurança; não é recomendado o uso de lentes de contato no laboratório;
- . Usar guarda-pó abaixo dos joelhos, abotoado e de preferência de não sintético, sapatos fechados e cabelos presos;
- . Não pipetar produto algum com a boca;
- . Não cheirar e não provar nenhum produto químico;
- . Só utilizar reagentes químicos de frascos devidamente identificados. Leia corretamente os rótulos;
- . Não levar as mãos à boca ou aos olhos quando estiver manuseando produtos químicos;
- . Verificar sempre a toxicidade e a inflamabilidade dos produtos com os quais esteja trabalhando;
- . Não trabalhar sozinho no laboratório;
- . Não manipular produtos inflamáveis perto de chamas ou fontes de calor;

- . Discutir com o professor ou supervisor a respeito do experimento que será feito e, também, a respeito do descarte adequado de produtos tóxicos, inflamáveis, pouco biodegradáveis ou que reagem com água;
- . É expressamente proibido fumar em laboratório assim como comer ou beber;
- . Lavar sempre as mãos após manipulação de qualquer produto químico;
- . Usar luvas apropriadas ao lidar com produto cáusticos ou que penetram facilmente na pele;
- . Usar a capela para experiências em que ocorra a liberação de gases ou vapores;
- . O laboratório deve possuir caixa de primeiros socorros, extintor de incêndio bem localizado e sinalizado, lava-olhos e chuveiro de emergência.

Comportamentos inadequados no laboratório aumentam significativamente a probabilidade de ocorrer um acidente. Lembre-se que um acidente nunca avisa quando vai acontecer. O bom desenvolvimento de uma atividade de ensino no laboratório depende muito do conhecimento do estudante a respeito dessas regras e, também, do conhecimento a respeito das vidrarias e outros materiais utilizados com frequência. O desconhecimento ou emprego impróprio de técnicas, procedimentos ou falta de destreza, todos eles fundamentais para execução dos efeitos esperados de um experimento, e sem os quais os resultados não são produzidos a contento.

REFERÊNCIAS

FELTRE, R. **Fundamentos da química**. São Paulo: Editora Moderna, 2001.

NORMAS de segurança no laboratório. Disponível em
<<http://zeus.qui.ufmg.br/~quipad/seg/normas.htm>> Acesso em Nov.2014.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord). **Química e sociedade**. v. único, ensino médio. São Paulo: Nova Geração, 2008.

APÊNDICE B – Caderno de Bordo – Anotações da Pesquisadora

1º experimento: determinação da acidez do álcool etílico

2º experimento: reação de óxido-redução

3º experimento: preparo de soluções

4º experimento: reação de oxidação do álcool etílico

1º experimento: determinação da acidez do álcool etílico

1º experimento: Determinação da acidez do álcool etílico.

- 2º ciclo do curso Técnico em química; 11/2012; 19:00h.

Há na sala 16 alunos.

- O professor os divide em 4 grupos.

A laboratorista deixou sobre a bancada uma folha para cada aluno com os procedimentos do experimento.

- Nas bancadas também estão os materiais a serem utilizados estocados antes do início da aula pela laboratorista.

- O professor pede aos alunos que liam a atividade e ao mesmo tempo fala do objetivo da realização desta atividade. Também explica os procedimentos rapidamente e diz aos alunos que está tudo escrito, para lerem com atenção.

- O professor fala da aplicação deste

experimentos em usinas, indústrias,

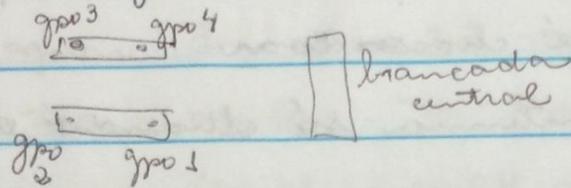
- O prof. fala o tempo todo. Ele pede aos alunos para relacionarem o material utilizado no experimento, pois é para constar no relatório.

- O NaOH e o álcool estão sobre a bancada central. O prof. pede para um aluno de cada grupo ir buscar o material. Ele pede para adicionar NaOH a $0,02 \text{ mol/L}$. A solução já está pronta e só pegar.

- Os alunos vão precisar calcular a acidez do álcool. O professor não põe a fórmula no quadro pois eles tem a fórmula na folha que receberam. Então, ele só explica como deve ser utilizada a fórmula.

- O prof. diz que a variação da acidez deve ficar entre $0,5$ e 50 mg/L

- Ele diz também que se não der um no entre esses valores é porque algo está errado.



No grupo 4 o professor me diz que não precisa se preocupar porque tem uma aluna que trabalha no laboratório da usina e está acostumada a realizar esta atividade.

- Alguns do gpo 1 e 3 vão a bancada pegar o álcool etílico hidratado, o hid. de sódio e a fenolftaleína. Ninguém do gpo 2 se levanta.

- O gpo 3 fica com três alunos. Um integrante precisou sair. Estava no horário de ir para a usina (3º turno).

- O professor me diz que a maioria dos alunos trabalham na usina de álcool e açúcar e que fazem o curso com a intenção de mudar de setor.

- O grupo 1 está trabalhando muito bem, eles conversam bastante, todos colaboram e dão palpites do que deve ser feito. O prof. não é chamado.
- Grupo 2 continua só deixando os outros fazerem.
- O grupo 3 está com dificuldades. O prof. se aproxima. Os alunos (A9, A10 e A11) precisam de ajuda, eles não sabem nem manusear o erlenmeyer sobre a bureta. Na primeira tentativa erram, colocam o álcool na bureta e o NaOH no erlenmeyer. Lavam o material e o prof. explica como devem agir para realizar o experimento.
- A9 coloca NaOH de excesso e precisa tirar um pouco da solução com a pipeta.
- A11 não participa da movimentação de A9 e A10. Fica alheia a discussão de como realizar o tarefa. Ela escreve no caderno. Fica sempre de cabeça baixa.
- A9 e A10 vão olhar o experimento dos colegas.

e voltam para a sua atividade.

- A9 coloca o erlenmeyer embaixo da bureta, deixa gotear um pouco e tira para agitar. Faz isso três vezes. Gotear o NaOH e tira p/ agitar. Na terceira vez que a solução de álcool e NaOH mudam de cor ele pede p/ A11 analisar.

- O prof. interfere pela 2ª vez e explica como faz com o erlenmeyer qdo ele está embaixo da bureta. E pede para eles fazerem novamente. A9 lava o material e novamente A9 e A10 refazem o experimento. A9 não consegue manipular o erlenmeyer sob a bureta e coloca qde qtdde de NaOH novamente. Pede p/ A11 analisar o valor.

- O prof. ps interfere outra vez, explica como fazer a medição e pede p/ eles fazerem a média das medições p/ ver o que dá. Explica como colocar na fórmula para calcular a acidez do álcool.

- Fazem novamente a medição com A10 agitando o erlenmeyer e A9 controlando a torneira. Pela cor, teve NaOH em excesso.
- O prof. pede para os grupos dizerem os valores encontrados.
- O gpo 3 não havia terminado ainda, o grupo 4 já estava terminando o relatório, o gpo 2 um aluno observa o grupo 1 e depois faz a atividade. O gpo 1 fez três medições, discutiram entre eles e fizeram uma quarta medição. Percebe-se que houve alguma discrepância nas medidas. O professor não interferiu nesse gpo nenhuma vez. Ele se aproxima pt medir o pH com o pHmetro e depois a condutibilidade com o condutímetro e confere os cálculos dizendo que está tudo certo.
- O gpo 3 termina as medições e inicia

os cálculos, A9 e A10 discutindo os cálculos e A11 escrevendo.

- O professor chega e explica ao gpo 3 o que devem fazer com as medidas que encontraram. Eles não reconhecem V_1 e V_2 ou seja, não sabem onde deve colocar o volume de álcool usado e nem o vol. de NaOH encontrado.

- A11 pede ajuda a A13 (gpo 4) que dá uma explicação rápida e volta p/ seu gpo. Eles terminam o cálculo chama o professor e mostram o resultado. O valor obtido foi de 80 mg/l bem acima do valor considerado.

O prof. explica o que pode ter acontecido p/ que desse esse valor e pede ao gpo para fazer 3 medições prestando bastante atenção a viagem. Explica como deve se observar a viagem e o momento de fechar a torneira.

- O prof. vai a frente da sala a dizer a todos a importância de se

Trabalhar com o erro e o que ele significa. Diz tbém os valores da acidez (0,5 a 50 mg/L), do pH (de 4 a 9) e a condutibilidade.

- O colega do gpo 4 (A4) se aproxima do gpo 3, dá umas dicas de como fazer a medição e sai. A11 continua anotando alguma coisa no caderno.

- O prof. pede ao gpo 3 que no relatório eles coloquem o que realmente encontraram e não o que os colegas falaram para ficar dentro do aceitável.

- Os gpos falam suas seus resultados. O gpo 4 encontrou o valor de 15,8 mg/L; gpo 1, 24 mg/L, gpo 2, 39 e o gpo 3, 80 mg/L na 1ª vez e 36 na segunda)

- Conforme minha observação dos fatos ocorridos nesta atividade vou analisar o gpo 1 e o gpo 3 porque o gpo 4 iria ficar tudo certo e dentro do padrão por que uma aluna fazia esta atividade

constantemente em seu trabalho na usina. O grupo 2 só observaram os colegas e no final só 1 fez a atividade. Copiou né? O grupo 1 fez 4 medidas, não considerou a mais diferente, realizou os cálculos, discutiram todos e participaram todos e o grupo 3 que precisou de muita ajuda.

- O grupo 1 realizou as medidas corretamente, sem interferência do professor, seu cálculo da acidez está dentro dos parâmetros e em consequência o pH e a condutibilidade também.

Vou chamar os grupos de A e B.

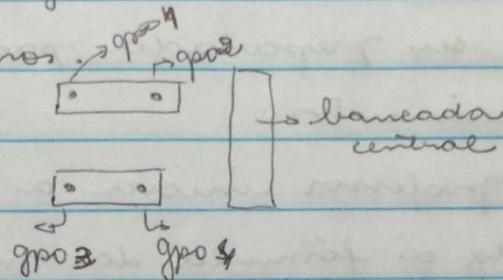
2º experimento: reação de óxido-redução

2º experimento - Reação de óxido-redução.

- 3º ciclo do curso técnico em química,
11/2012, 21:00h - 22:30h.

- Começou a chover. A chuva está muito forte, os alunos voltam do intervalo aos poucos.

- Os que chegam vão se sentando em grupos de 4 alunos.



- Os alunos dos grupos 3 e 4 demoram mais para chegar. Formam 3 grupos de 5 alunos e um de 4.

- Eles esperam a laboratorista entregar a folha com os procedimentos. Todos os reagentes estão colocados sobre a mesa central e sobre a bancada dos grupos estão os materiais como vidrarias, suporte e tubo de ensaio.

- A aula demora um pouco para começar porque é necessários pedacos de cobre e um

aluno está desencapando o fio e cortando os pedaços.

- Os alunos precisam misturar os reagentes (dois a dois) em dez tubos de ensaio e observar se ocorre reação de óxido-redução.

- A solução de ácido clorídrico (HCl) deve ser preparada para usar nos experimentos.

- O professor inicia a aula colocando a fórmula da molaridade no quadro e explicando o que os alunos precisam fazer para preparar a solução utilizando a capela e luvas e explica como calcular o volume de água e ácido para a solução.

- As 10 reações para serem observadas são colocadas no quadro pelo professor, mas sem o produto. É p/ os alunos completarem.

No procedimento tem os nomes dos reagentes e no quadro o prof. põe os símbolos e fórmulas.

- O prof. pede que um componente de cada grupo vá até a frente para preparar a solução de HCl. Os grupos fazem os cálculos e em seguida vão à frente colocar água na proveta. Dois grupos não se manifestam. Ficam muito tempo escrevendo no caderno e conversando.

- 2 alunos um do grupo 1 e outro do grupo 2 iniciam a atividade. A1 do grupo 1 faz tudo muito rápido e certo, mede a qtd de água, observa o menisco, vai até a capela, usa a pipeta graduada com a peça e num instante volta ao grupo. Os alunos então iniciam a preparação dos tubos no suporte e lêem o procedimento.

- O 2º aluno (A6) do grupo 2 vai a bancada e pergunta ao prof. o que é pra fazer. Ele explica e em qto isso A4 mede a água na bureta e explica para A6 o que ele tem de fazer. A6 vai a capela, coloca HCl concentrado no béquer e em seguida, adiciona um pouco desse HCl conc. na bureta, tira a bureta da capela e observa

o menisco levando a bureta à frente de seus olhos no ar, levantando os braços.

Derrota a bureta à capela e vai conversar com A4. A4 lhe dá uma pipeta pequena de plástico e A6 retorna à capela, e vai completando o volume da bureta até a medida calculada. Levanta os braços p/ observar o menisco, retorna a capela, adiciona mais HCl, observa novamente e volta p/ o gpo.

- A6 depende de A4 para fazer as coisas. Tudo que é necessário fazer é explicado por A4 a A6. Inclusive os cálculos.

- Na bancada central onde estão os reagentes, tem mais reagentes do que os gpos precisam e estão com rótulos em que aparece a fórmula (a maioria só tem a fórmula e não o nome),

- Odo o prof. pede para esvaziarem os reagentes quase todos os alunos vão à frente da bancada.

- Ficem no gpo 1 duas alunas conversando

- do grpo 2 foram 3 dos quatro e dos grps 3 e 4 não foi ninguém. Ficaram conversando.
- Todos os alunos que estão a frente observam os frascos e olham para o procedimento. A4 começa a pipetar alguns reagentes. A1 e A2 lêem o experimento.
 - Todos começam a procurar algo na bancada. A4 pega um vidro, olha, e devolve. Chaman o professor e perguntam pelo ác. nítrico. O prof chega perto da bancada e aponta p/ o vidro que A4 pegou e devolveu. Nenhum deles reconheceu a fórmula do ác, nenhum falou "é esse aqui". Esperaram pelo professor.
 - A1 e A2 ficam no canto da bancada com o procedimento na mão, lêem e identificam onde estão os reagentes.
 - A4 está com a pipeta na mão e coleta os reagentes. Põe os dois reagentes em cada tubo.
 - A4 ajuda a coleta de alguns reagentes para os colegas. A1 e A2 começam a coletar

- os reagentes mas não estão misturando-os
- Duas integrantes do gpo 4 resolvem coletar os reagentes. A4 as auxilia. Elas (A8 e A9) estão com os tubos no estante e vão colocando os reagentes sem muita preocupação. Nem olham p/ o que está acontecendo nos tubos.
 - A1 e A2 estão coletando certinhos. Eles colocaram um reagente em cada tubo p/ no final adicionarem o 2º reagente.
 - A1 e A2 retornam ao gpo para terminarem o experimento.
 - 2 alunas do gpo 3 se levantam e vão a frente. Resolveram coletar reagentes quase no final da aula. Elas puseram os reagentes nos tubos de maneira que não dava p/ prestar atenção no que estava acontecendo. Num tubo misturaram limalha de ferro e ácido clorídrico e a mistura ferveu chegando a derramar. Elas se assustaram e a laboratorista as ajudou.
 - O gpo 3 conversa e os tubos no estante

está a frente dos alunos. Aproximo do gpo e pergunto "O que aconteceu nesses tubos? Elas respondem que não sabem, e chamam o professor para explicar a elas a fim de fazer o relatório e anotarem os resultados.

- Os alunos do gpo quatro conversam o tempo todo. As colegas A11 e A12 desistem.

- A4 do gpo 2 copia as anotações do prof. no quadro e os colegas conversam.

- O gpo 1 fazem as atividades e observam.

A1 e A2 discute os resultados, A3 escreve e ~~de~~ de vez em quando levanta a cabeça e faz algumas perguntas que A2 responde com gesticulações. Para explicar que é uma reação que borbulha, libera gás, ela abre e fecha os dedos.

- A3 escreve o que A1 e A2 falam, mas não interage, só escreve para elaborar o relatório.

- Bate o sino, os alunos saem, fica o gpo 1 e gpo 2 (só alguns integrantes).

- Das 10 ^{equações} reações colocadas no quadro o pro^f não identificou duas como que ocorre reação.

- Todas as reações são de óxido-redução, mas como não ocorre efervescência, mudança de coloração ou precipitados eles não reconhecem como reação.

- Para completar os produtos da equações químicas colocadas no quadro o prof. tem que ajudar e acaba por colocar as equações inteiras no quadro.

2º experimento: preparo de soluções

3º Experimento: Preparo de soluções.

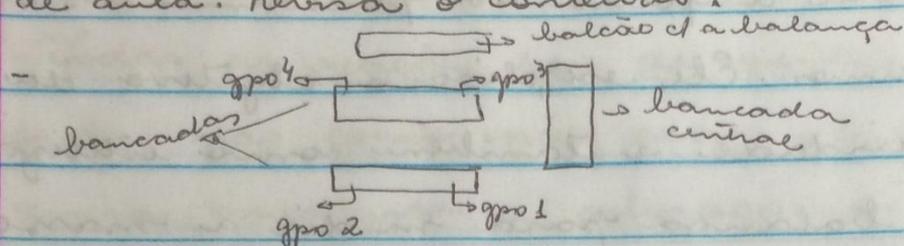
- O professor inicia a aula e distribui a folha dos procedimentos aos alunos. Ele explica o objetivo da atividade e também como utilizar a balança para medir a massa do NaOH.

- Todos os materiais necessários estão sobre as bancadas. A laboratorista preparou a sala antes. O hidróxido de sódio está próximo à balança.

- O prof. pede para os que forem fazer a pesagem usar luvas e explica como proceder no decorrer da atividade, a pesagem, solubilização, transferência para o balão com os devidos cuidados lavando o béquer com a pipeta, o funil e o bastão, e utilizar o funil para a transferência.

- O prof. coloca a fórmula da molaridade no quadro e também os dados do rótulo do produto e o volume de solução que eles

vão preparar. Explica e exemplifica com questões teóricas passadas em sala de aula. Revisa o conteúdo.



- Os alunos se separaram em 4 gpos, um gpo em cada parte da bancada. Na 1ª bancada estão 8 alunos, gpo 1 e gpo 2

- A1 e A2 pegam os dados, fazem contas e ajudam a completar a fórmula.

Os dois levantam e vão fazer a pesagem e A3 pede o caderno de A2 para copiar a resolução do problema.

A2 entrega o caderno a A3 e sai p/ a pesagem. A pesagem é correta.

- A5 do gpo 2 presta atenção na explicação do professor e explica p/ os colegas como eles tem que fazer, aponta p/ o caderno e diz onde colocar os dados, faz contas na calculadora e mostra p/ A6. A ~~ou~~ aluna

A6 precisa da colaboração do colega A5 para realizar as contas. A7 está ao lado de A5 e copia.

- A1 e A2 retornam e iniciam a atividade e se auxiliam. A3 faz perguntas e movimentar as mãos p/ entender como fazer a dissolução. A3 e A2 conversam sobre a atividade.

- A5 sai para a pesagem e A6 e A7 ficam prestando atenção na atividade do grupo 1.

- A1 faz a transferência da solução de NaOH dissolvida, utiliza o funil e em seguida lava o béquer três vezes, o bastão e o funil. A3 questiona A1 o que ele vai fazer e em seguida agita as mãos e os braços p/ concretizar a fala de A1 q era a de agitar o balão.

- A5 retorna à bancada, ele fez a pesagem sem luvas e sai p/ lavar as mãos. Faz uma gesticulação no ar demonstrando o que é p/ A3 fazer. A3 começa a solubilizar o NaOH. A6

fica só olhando.

- A1 se levanta, vai p/ o canto da bancada e se abaixa p/ observar o menisco. A3 gesticula como se estivesse revisando o que aconteceu e pergunta sobre o menisco. A2 e A3 se levantam e os 3 observam o menisco, se está correto ou se precisa acrescentar ou tirar água ou não.

- A5 retorna e toma o comando da ação e A7 não fala nada, só observa.

A5 termina a dissolução e faz a transferência p/ o balão sem usar o funil. A7 oferece o funil, A5 não aceita e A7 não fala nada.

- A5 completa com água até o menisco, observa este no ar, pois levanta o balão com a mão a altura dos olhos. pede a pipeta p/ A6, completa com água e observa o menisco novamente no ar. Ele molha um pouco a bancada e pede para A6 lustrar papel toalha. É a 1ª

vez que ela se levanta.

- A3 sai p/ buscar um recipiente adequado para armazenar a solução preparada.

- A5 termina a atividade e explica o que fez. Ele não segue as normas de segurança. A5 tbém explica usando gesticulações, como seria a atividade se eles tivessem feito com o agitador magnético.

- Os outros gpos (3 e 4) um fez a atividade e os outros ficaram olhando. A1 foi o mais participativo.

= Bate o sinal e todos saem. Dopo 1 consegue terminar o relatório, os demais ficam de entregar na próxima aula.

4º experimento: reação de oxidação do álcool etílico

4º experimento: Reação de oxidação do álcool etílico.

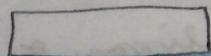
1º ciclo do curso técnicos em química

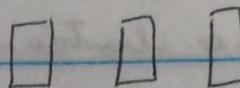
03/2013

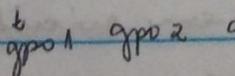
19:00h

Chove muito e 6 alunos comparecem.

- A professora resolve dar atividades diferentes para cada dupla, com a intenção de cada grupo, ao final da atividade, explique aos outros como era a atividade e o que aconteceu.
- O material e reagentes estão sobre a bancada central e tem muito material, a mais do que precisarão.
- A prof. quer observar o conhecimento dos alunos a respeito de reações e o que eles conhecem do laboratório.
- Como o grau de dificuldade fica para o primeiro grupo, vou observá-los mais de perto.

 → bancada

 → mesas

 grupo 1 grupo 2 grupo 3

- O grupo 1 se levanta p/ coletar os materiais.

Eles lêem o procedimento e aos poucos pegam os materiais. Quando A2 lê tubo de ensaio A1 não identifica o tubo na bancada. A2 lê suporte para tubos de ensaio e os dois entendem o que é tubo de ensaio e pegam os dois. Nos reagentes estão escritos seus nomes e fórmulas e eles separam sem dificuldade. A1 pega um béquer e entrega a A2. Ela pede para ler o procedimento e A1 devolve o béquer. A1 é muito indeciso na coleta, A2 reconhece, mas também tem dificuldades em reconhecer o erlenmeyer.

- Eles precisam usar a balança para pesar o dicromato de potássio. Não encontram dificuldade nisso.
- O apo 2 e 3 pedem auxílio à prof. para iniciar a atividade.
- O apo 1 precisa solubilizar o dicromato de potássio. A1 usa o bastão e também agita o erlenmeyer em círculos. Os dois estão de luvas. A2 tira o erlenmeyer de A1

tampa com o dedo e começa a agitar para baixo e para cima. O prof. interfere quase gritando "não". Ela explica como deve ser e se não leram os procedimentos,

- A1 e A2 terminam a solubilização e filtram a solução.

- O experimento do grupo 3 não ocorre como o desejado. Elas concentram demais a solução e a professora interfere.

- A2 transfere um pouco da solução para o tubo de ensaio e pede a A1 que pegue o ácido sulfúrico. A1 pega e antes de entregar a A2 aproxima o frasco perto do nariz para cheirar. A professora não vê. Está ajudando o grupo 2. Digo a ela e outra bronca é dada aos dois e ela diz que no procedimento está escrito, em letras destacadas para que eles tomem cuidado pois o ácido é corrosivo.

- Eles falam que vão tomar mais cuidado.

- Eles adicionam o álcool etílico e a solução esquenta. A2 está com o tubo na mão e

exclamava que esquentou. Em seguida olham p/ o tubo e percebem que está mudando a coloração, mas muito devagar. A1 tenta agitar o tubo tampando-o com o dedo. A prof. vê e chama a atenção novamente.

A1 e A2 não acreditam que podem se prejudicar.

- A prof. pergunta a A2, se a reação esquentar é devido a que, A1 responde que a reação é (exotérmica) libera calor por isso é endotérmica. A prof explica então e pergunta a respeito da coloração. Eles não sabem explicar.

- Ao perguntar aos outros qpos, também não sabem responder, Ficam encantados com a mudança de coloração.

- Bate o sino, os dois qpos ficam sem falar do seus experimentos.

