

**Marciana Almendro David**

**Processos de Evolução Conceitual em  
Química no Contexto das Atividades  
Experimentais.**

**Belo Horizonte**

**Faculdade de Educação da UFMG**

**2009**

Marciana Almendro David

# **Processos de Evolução Conceitual em Química no Contexto das Atividades Experimentais.**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da UFMG, em 22 de outubro de 2009, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação.

**Linha de Pesquisa:** Educação e Ciências

**Orientador:** Prof. Dr. Oto Neri Borges

Belo Horizonte

Faculdade de Educação da UFMG

2009

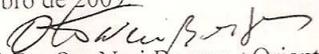
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO: **Conhecimento e Inclusão Social**

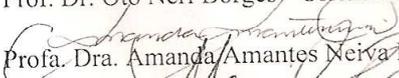
ATA DA 195ª (CENTÉSIMA NONAGÉSIMA QUINTA) DEFESA DE TESE NO  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO:

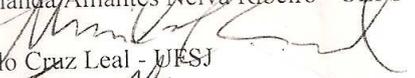
**Conhecimento e Inclusão Social**

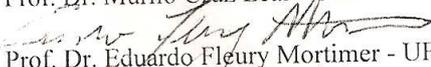
Aos vinte e dois dias do mês de outubro do ano de dois mil e nove realizou-se, na Faculdade de Educação da UFMG, uma reunião para apresentação e defesa da tese: "**Processos de evolução conceitual em Química no contexto das atividades experimentais**" da aluna **Marciana Almendro David**, requisito final para obtenção do Grau de Doutora em Educação. A banca examinadora foi composta pelos seguintes professores doutores: Oto Neri Borges - Orientador, Amanda Amantes Neiva Ribeiro, Murilo Cruz Leal, Eduardo Fleury Mortimer, Rosária da Silva Justi e Carmen Maria de Caro Martins. Os trabalhos iniciaram-se às 13:00h com a síntese da tese feita pela doutoranda. Em seguida, os membros da banca fizeram uma arguição pública à candidata. Terminadas as arguições, a banca examinadora reuniu-se, sem a presença da candidata e do público, para fazer a avaliação final da defesa da tese apresentada. Em conclusão, a banca examinadora considerou a tese: aprovada des-  
fazendo a relevância da temática e a contribuição  
do trabalho para o Ensino de Ciências.

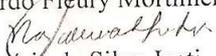
O resultado final foi comunicado à aluna **Marciana Almendro David** e ao público, concedendo à aluna o título de Doutor em Educação. A aluna deverá encaminhar à Secretaria do Programa a versão final em 05 (cinco) exemplares. Nada mais havendo a tratar eu, Rosemary da Silva Madeira, lavrei a presente ata que, depois de lida e aprovada, será por mim assinada e por seus membros. Belo Horizonte, 22 de outubro de 2009.

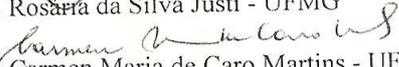
  
Prof. Dr. Oto Neri Borges - Orientador

  
Profa. Dra. Amanda Amantes Neiva Ribeiro - UFFS

  
Prof. Dr. Murilo Cruz Leal - UFSJ

  
Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer - UFMG

  
Profa. Dra. Rosária da Silva Justi - UFMG

  
Profa. Dra. Carmen Maria de Caro Martins - UFMG

  
Rosemary da Silva Madeira  
Secretária do Programa de Pós-Graduação em Educação:  
Conhecimento e Inclusão Social – FaE/UFMG

## AGRADECIMENTOS

Ao final de mais esta etapa de estudos e da vida, agradeço a todos os amigos que compartilharam comigo tantos momentos que, direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Ao Prof. Dr. Oto Neri Borges, pela dedicação e competência com que orientou a pesquisa e a produção da tese. Agradeço ainda por sua orientação cuidadosa e exigente desde a especialização e no mestrado. Esta oportunidade foi essencial para o meu ingresso na vida acadêmica e para a ampliação das possibilidades da minha vida profissional.

Ao Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer e seus alunos, pela oportunidade de realizar a coleta de dados durante a aplicação das atividades do Projeto “Água em FoCo: Qualidade de Vida e Cidadania”.

À Profa. Dra. Carmem Maria De Caro e ao Prof. Dr. Murilo Leal, pela leitura cuidadosa e eficiente do trabalho para a qualificação, contribuindo muito para que eu pudesse finalizá-lo em um prazo tão curto.

À Profa. Dra. Jordelina Wykrota por sua preciosa contribuição para a construção do projeto de tese e do protocolo das entrevistas.

Aos colegas do Grupo de Orientação: Amanda, Dilvânia, Elizabeth, Geide, Inês Mendes, Maria Teresa, Morgana, Rafael e Terezinha, pelas discussões que me instigaram e contribuíram para a construção das idéias desenvolvidas neste trabalho.

Pelo incentivo, à Profa. Dra. Maria Emília Caixeta, coordenadora do ENCI/CECIMIG/UFMG. À Ademilde e demais colegas e amigos do ENCI, em especial, pela parceria e pelo carinho das amigas queridas Eliane e Marina.

Além do incentivo, pela parceria durante tantos anos, a sempre amiga Penha. À amiga Vanda, pela prontidão com que me socorre. E à Arlete, amiga recente, por sua ajuda eficiente na organização dos dados.

E à minha família, pela torcida e apoio, especialmente minha irmã Isabel Cristina com quem conto sempre. Ao Libério, Gabriel e Mateus por terem tolerado a minha falta de tempo e todas as minhas dificuldades.

Dedico este trabalho

Aos estudantes que fizeram os relatos de suas ações e pensamentos, pois sem eles essa investigação não teria sido realizada.

Aos meus filhos, que são a minha motivação para a vida.

Ao meu pai, que sempre estará comigo, por tudo.

*Como pensais? Quais são as vossas tentativas? Os vossos ensaios, os vossos erros? Quais são as motivações que vos levam a mudar de opinião? Por que razão vocês se exprimem tão sucintamente quando falam [...] de uma nova investigação? Transmitam-nos, sobretudo, as vossas idéias vagas, as vossas contradições, as vossas idéias fixas, as vossas convicções não confirmadas [...] as vossas intuições inconfessadas. Se pudéssemos assim alargar a nossa pesquisa psicológica, parece-nos quase evidente que o espírito científico surgiria [...] dado que toda a raiz filosófica nasce de um pensamento.*

*BACHELARD, (1974, p.160); [Original: La philosophie du non. (1940)]*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I – ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>17</b>
I.1 – O papel das atividades experimentais nos currículos de Química. ....	17
I.2 – As Atividades Experimentais no ensino de Ciências e Química. ....	20
<b>CAPÍTULO II – PESQUISAS SOBRE DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL E TEORIAS DA APRENDIZAGEM. ....</b>	<b>28</b>
II.1 – Algumas tendências da pesquisa em ensino e aprendizagem de ciências.....	29
II.2 – Evolução Conceitual e Aprendizagem.....	31
II.3 – Ecologia Conceitual: classes de coordenação e p-prims. ....	35
II.3.1 - Características das Classes de Coordenação .....	36
II.3.1 - Características dos P-prims .....	39
II.3.3 - Candidatos a p-prims em Química: alguns exemplos. ....	40
<b>CAPÍTULO III – ANÁLISE DE PROTOCOLO: MÉTODO DE COLETA DE DADOS COGNITIVOS. ....</b>	<b>43</b>
III.1 – O Método de “Pensar em Voz Alta”.....	44
<b>CAPÍTULO IV – METODOLOGIA: CONTEXTO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>55</b>

IV.1 – Características da Pesquisa. ....	56
IV.2 – Contexto da Investigação .....	58
IV.3 – Características das Escolas. ....	61
IV.4 – Características dos sujeitos que participaram da Investigação.....	61
IV.5 – Aplicação do Projeto Água em FoCo: Qualidade de Vida e Cidadania.....	63
IV.6 – Os Instrumentos da Investigação .....	65
IV.6.1 – Gravações em áudio. ....	65
IV.6.2 – Entrevistas Episódicas.....	70
IV.7 – Construção de dados para análise.....	74
IV.7.1 – Atividades experimentais realizadas em grupos no Projeto Água em Foco.....	75
IV.7.2 – Desenvolvimento das atividades na Escola I e na Escola II.....	80
IV.7.3 - Atividades experimentais desenvolvidas individualmente. ....	82
IV.8 – Preparando para a Análise: obtenção de dados de segunda ordem.....	88
IV.9 – Identificando os conceitos mobilizados pelos estudantes.....	99
<b>CAPÍTULO V – ANÁLISE DOS DADOS: PREPARANDO A CONSTRUÇÃO DE EPISÓDIOS. ....</b>	<b>102</b>
V.1 – Escalas de tempo representativo para atividades escolares.....	102
V.II - Níveis de Complexidade de processos cognitivos. ....	107
<b>CAPÍTULO VI – RELATANDO E INTERPRETANDO EPISÓDIOS DE EVOLUÇÃO CONCEITUAL.....</b>	<b>117</b>
VI.1 – Relato do Episódio 1: Parece que saturou, mas não saturou.....	118
VI.2 – Relato do Episódio 2: Eu não sei o que é titulação, mas a gente vai ter que fazer isso....	129
VI.3 – Relato do Episódio 3: Procedimento de Solução Saturada de Sulfato Manganoso.....	139
VI.4 – Relato do Episódio 4: Procedimento de Titulação.....	142
VI.5 – Relato do Episódio 5: Precipitação como uma evidência de reação química. ....	144
VI.6 – Comparando episódios sobre o mesmo conceito de grupos e alunos diferentes.....	146
VI.7 – Construção de uma escala de pH. ....	150
VI.8 – Atividade Individual – Transformações Químicas. ....	152
<b>CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS E ALGUMAS CONCLUSÕES.....</b>	<b>155</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>162</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Ecologia Conceitual: integrando elementos a um sistema de conhecimento complexo. ....	36
Figura 2: Sucessão de Pensamentos e Expressões Verbais. Ericsson (2006). ....	52
Figura 3: Esquema conceitual da atividade de determinação de oxigênio dissolvido .	78
Figura 4: Esquema conceitual da atividade de construção da escala de pH. ....	79
Figura 5: Esquema conceitual da atividade de Transformações Químicas. ....	86
Figura 7: Níveis de Complexidade das idéias dos estudantes no decorrer do tempo da atividade - Welzel & Aufschnaiter (1997) .....	110

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Percentual de tempo da 1ª atividade pelo Grupo 4 da Escola II. ....	91
Gráfico 2: Percentual de tempo da 1ª atividade do grupo 2A da Escola I. ....	92
Gráfico 3: Percentual do tempo da 1ª atividade do grupo 2 da Escola II.....	93
Gráfico 4: Percentuais de tempo da 2ª atividade do grupo 3A da Escola I.....	95
Gráfico 5: Percentual do tempo da 2ª atividade de do grupo 3 da Escola II.....	96
Gráfico 6: Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII_AF11.....	97
Gráfico 7: Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII_AM1.....	98
Gráfico 8: Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII_AF18.....	98
Gráfico 9: Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII_AM7.....	98
Gráfico 10: Número de eventos em relação aos conceitos na 1ª atividade em grupo. ....	100
Gráfico 11: Número de eventos em relação aos conceitos na 2ª atividade em grupo. ....	100
Gráfico 12: Número de eventos em relação aos conceitos na atividade individual. ...	101
Gráfico 13: Sequência das idéias de um estudante sobre o conceito de Solução Saturada.....	120
Gráfico 14: Níveis de complexidade do pensamento sobre titulação. Sequência das idéias de um estudante sobre o conceito de Titulação. ....	131
Gráfico 15: Percentual de uso do tempo da 1ª atividade do grupo 1ª da Escola I.....	139
Gráfico 16: Número de eventos de pensamento da aluna AF1 da Escola I. ....	140
Gráfico 17: Sequência das idéias da aluna AF1 da Escola I sobre solução saturada. ....	141
Gráfico 18: Sequência das idéias da aluna AF1 da Escola I sobre titulação.....	142
Gráfico 18: Sequência de idéias da aluna EI_AF1 sobre transformação química. ....	145
Gráfico 19: Conceitos mobilizados pela aluna EI_AF1 .....	147
Gráfico 20: Conceitos mobilizados pela aluna EI_AF14.....	147
Gráfico 21: Sequência de idéias da aluna EI_AF1 sobre transformação química. ....	148
Gráfico 22: Sequência de idéias da aluna EI_AF14 sobre transformação química. ...	148
Gráfico 23: Percentual do uso do tempo da atividade construção da escala de pH. ...	150
Gráfico 24: conceitos mobilizados pelo aluno EII_AM10 na 2ª atividade em grupo. ....	150
Gráfico 25: conceitos mobilizados pela aluna EI_AF14 na 2ª atividade em grupo. ...	151
Gráfico 26: conceitos mobilizados pela aluna EI_AF20 na 2ª atividade em grupo. ...	151

Gráfico 27: conceitos mobilizados pela aluna EI_AF1 na 2ª atividade em grupo. ....	151
Gráfico 28: Percentual de tempo da atividade individual. EII_AM13.....	152
Gráfico 29: Conceitos mobilizados pelo estudante na atividade individual. EII_AM13. .....	153
Gráfico 30: Conceitos mobilizados pelo estudante na atividade individual. EII_AM13. .....	153

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1</b> - Efetividade do trabalho prático. Abrahams, I & Millar R. (2008). ....	27
<b>Quadro 2.</b> Teorias de Mudança Conceitual – Richard E. Mayer (2002) .....	33
<b>Quadro 3:</b> Transcrição e interpretação de um relato de pensamento – Exemplo 1. ...	47
<b>Quadro 4:</b> Transcrição e interpretação de um relato de pensamento – Exemplo 2. ...	47
<b>Quadro 5:</b> Protocolo das entrevistas. ....	73
<b>Quadro 6:</b> Atividades desenvolvidas Individualmente – Escola II.....	85
<b>Quadro 7:</b> Níveis de Complexidade - Aufschnaiter & Welzel (1997).....	109
<b>Quadro 8:</b> Definição dos níveis de complexidade crescente do pensamento. ....	114
<b>Quadro 9:</b> Resumo do Episódio sobre solução saturada do aluno AM10 da Escola II. .....	119
<b>Quadro 10:</b> Resumo do Episódio 2: Titulação - EII Grupo 4 – Aluno EII_AM10 –	130
<b>Quadro 11:</b> Resumo do Episódio 3 sobre Solução Saturada da aluna EI_AF1 .....	140
<b>Quadro 12:</b> Resumo do Episódio 4 sobre titulação da aluna EI_AF1 .....	142
<b>Quadro 12:</b> Resumo do episódio 5 sobre Transformação Química da aluna EI_AF1 .....	144

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Lista de áudios das atividades em grupos - ESCOLA I.....	66
<b>Tabela 2:</b> Lista de áudios das atividades em grupos - ESCOLA II.....	68
<b>Tabela 3:</b> Lista de áudios das atividades individuais - ESCOLA II.....	69
<b>Tabela 5:</b> Exemplo da Categorização da Pré-Análise.....	89
<b>Tabela 4:</b> Percentuais de Tempo da 1ª Atividade em Grupos - ESCOLA I.....	92
<b>Tabela 5:</b> Percentuais de Tempo da 1ª Atividade em Grupos - ESCOLA II .....	93
<b>Tabela 6:</b> Percentuais de Tempo da 2ª Atividade em Grupos - ESCOLA I.....	94
<b>Tabela 7:</b> Percentuais de Tempo da 2ª Atividade em Grupos - ESCOLA II .....	95
<b>Tabela 8:</b> Percentuais de Tempo da Atividade Individual - ESCOLA II.....	97
<b>Tabela 9:</b> Padrão de Tempo de uma atividade escolar - Lemke (2000).....	105

## RESUMO

O presente trabalho relata uma investigação sobre as possibilidades de evolução conceitual no contexto do trabalho prático, no ensino médio. As questões investigadas se relacionam com os processos cognitivos dos estudantes durante o desenvolvimento de atividades experimentais de Química. O domínio temático em foco foram os conceitos relacionados às transformações químicas.

Os dados para análise foram gerados a partir de relatos de pensamento em voz alta, gravados em áudio pelos estudantes, durante a realização dos experimentos. Nesses relatos, procuramos verificar se existiam diferentes níveis de complexidade do pensamento sobre os conceitos desenvolvidos nesse contexto. Também procuramos identificar indícios de pensamentos dos estudantes, que pudessem levá-los a alguma evolução conceitual em Química.

Relatamos episódios que consistiram em descrições de sequências de idéias dos estudantes sobre os conceitos relacionados aos experimentos. Esses episódios permitem diversas análises e reflexões acerca do desenvolvimento conceitual no contexto do trabalho prático. Verificamos que os estudantes mobilizaram diferentes conceitos em diferentes níveis de complexidade durante as atividades experimentais. Identificamos a integração de conceitos mais simples em um sistema explicativo mais complexo, o que forneceu indícios de que houve evolução conceitual.

## **ABSTRACT**

The present study shows the investigation of the conceptual evolution possibilities in the practical work context in High School. The questions we investigate were related to the students' cognitive process during the development of experimental activities in Chemistry. The thematic domain focused were the concepts connected to chemical reaction.

The analyzed data were produced from the telling of the loud voice thinking, audio recorded by the students, during the development of the experiments. In this telling we verify if there were different complexity levels of thinking about the concepts developed in this context. We also looked to identify students' thinking traces that could guide them to a conceptual evolution in Chemistry.

We explained episodes that consisted of sequential description of the students' ideas about the concepts related to the experiments. These episodes allowed several analyses and reflections around the conceptual development in the practical work context. We could verify that the students put in motion different concepts in different levels of complexity during the experimental activities. We identified the integration of more simple concepts in an explicative more complex system that provided traces that conceptual evolution occurred.

## RÉSUMÉ

Cette thèse examine les possibilités de l'évolution conceptuelle des élèves en contexte des leçons pratiques de Chimie d'enseignement secondaire au Brésil. Les questions de recherche se rapportent aux processus cognitives des étudiants pendant Le développement d'activités expérimentales dont le domaine thématique étaient les transformations chimiques.

Les données ont été produites d'abord d'histoires de pensée dites de vive voix et enregistrés en audio par les élèves pendant la réalisation des expériences. Dans ces histoires, nous cherchons à vérifier différents niveaux de complexité de la pensée sur les concepts développés. Nous cherchons aussi à identifier des indications de pensées des élèves qui pouvaient être rapportées à quelque évolution conceptuelle en Chimie.

Les descriptions de séquences d'idées des étudiants sur les concepts rapportés aux expériences ont été organisées en épisodes. Ces épisodes ont permis diverses analyses et réflexions concernant le développement conceptuel dans le contexte du travail pratique. Nous vérifions que les étudiants ont mobilisé différents concepts à différents niveaux de complexité pendant les activités expérimentales. Nous identifions l'intégration de concepts plus simples dans un système explicatif plus complexe, ce qui a fourni des indications dont il a y eu évolution conceptuelle.

## Introdução

Neste trabalho de tese apresentamos uma investigação sobre as possibilidades de evolução conceitual durante a realização de atividades experimentais. O objeto desse estudo foram os relatos de pensamento de estudantes, obtidos a partir de gravações em áudio, feitas durante o desenvolvimento das atividades e de entrevistas episódicas, realizadas posteriormente. O domínio temático em foco foram os conceitos relacionados às transformações químicas, no contexto do trabalho prático, no Ensino Médio.

As questões investigadas foram relacionadas aos possíveis processos cognitivos dos alunos, que ocorreram durante a realização das atividades experimentais. O que pensam os estudantes durante o desenvolvimento de atividades experimentais de Química? Os pensamentos que ocorrem durante as atividades experimentais podem conduzir a alguma evolução conceitual em Química? Existem diferentes níveis de pensamentos sobre os conceitos nesse contexto? Ocorre algum indício de aprendizagem nesse contexto?

As respostas para tais questões foram construídas com base na crença de que a aprendizagem é o resultado de uma sequência de pensamentos gerados a partir de experiências pessoais. Nesse sentido, a realização de atividades experimentais contribuiu para suscitar os pensamentos dos alunos, que foram relatados simultaneamente ao desenvolvimento das atividades. Tais pensamentos puderam revelar indícios de processos cognitivos, que podem propiciar a aquisição de conhecimento, seja no momento da atividade ou posteriormente.

O interesse por investigar essas questões nasceu da minha experiência pessoal como professora de Química no Ensino Médio e, ao mesmo tempo como formadora de professores de Ciências em diversos projetos de formação continuada e em cursos de especialização. Além disto, os estudos sobre psicologia cognitiva, realizados no grupo de orientação do Prof. Dr. Oto Néri Borges, me instigaram e influenciaram as minhas escolhas metodológicas para essa investigação.

O objetivo dessa investigação foi contribuir para a pesquisa em educação, particularmente sobre aprendizagem em Química, ampliando a compreensão sobre a aprendizagem no domínio das atividades experimentais. Além dos resultados apontados neste trabalho, também a metodologia desenvolvida para a coleta e análise de dados poderá servir como ponto de partida para outras pesquisas na linha de desenvolvimento conceitual.

A descrição das sequências de pensamentos dos sujeitos, nesse contexto, poderá nos levar a construção de hipóteses sobre a evolução conceitual em Química, que futuramente poderão ser testadas em intervenções pedagógicas. Nesse sentido, espero contribuir para que os professores de Química tenham alguns elementos que lhes permitam potencializar a aprendizagem dos alunos no domínio das atividades experimentais. Acreditamos que a discussão sobre como os estudantes aprendem conceitos de Química poderá contribuir para melhorar as estratégias de ensino neste domínio.

Esta tese foi organizada em sete capítulos. No primeiro capítulo, apresentamos um estudo sobre o uso do trabalho prático como estratégia de ensino. Apontamos alguns aspectos encontrados na literatura, que justificam a atividade experimental nos currículos e no ensino de Ciências e de Química. Também foram apresentadas algumas críticas apontadas na literatura sobre o uso de atividades experimentais, além de uma discussão sobre a efetividade do trabalho prático no ensino de Ciências.

No segundo capítulo, com objetivo de situar a nossa pesquisa na linha do desenvolvimento conceitual, fizemos uma breve exposição de algumas revisões feitas por autores da área de ensino e aprendizagem de Ciências. A partir desses trabalhos, verificamos algumas tendências das pesquisas na área e identificamos as teorias que nortearam esses estudos e as suas possíveis contribuições para a nossa investigação. Focalizamos as teorias relacionadas às pesquisas sobre as características da evolução conceitual em processos de aprendizagem escolar. Procuramos apontar na teoria de *conhecimento em pedaços* de diSessa (1988) uma alternativa para o processo de análise dos dados obtidos nessa investigação.

No terceiro capítulo, apresentamos as orientações teóricas e metodológicas que nortearam a nossa coleta de dados. Esses estudos foram baseados em teorias que se enquadram dentro de teorias da mente e da cognição de Ericsson & Simon (1993), Ericsson (2002 e 2006). Tais teorias nortearam a construção dos instrumentos para o levantamento e produção dos dados analisáveis nesta investigação. Apresentamos ainda uma discussão sobre o uso do método do pensamento em voz alta para coleta de dados sobre a aquisição de conhecimento, ou sobre o desenvolvimento de conceitos durante situações de aprendizagem.

No quarto capítulo, descrevemos a metodologia que orientou a realização da coleta e análise dos dados. Inicialmente, foi feita uma descrição do contexto e das características de pesquisa e dos sujeitos pesquisados. Para a coleta de dados foram usados protocolos de relatos verbais de pensamento, cujo referencial teórico foi exposto no capítulo III. Também foi feita uma descrição das entrevistas, que foram inspiradas em dois métodos da psicologia cognitiva: a *entrevista retrospectiva* de Ericsson & Simon (1993 e 1998) e a *entrevista de explicitação* de Vermesch, (1994 e 1999).

Ainda no quarto capítulo, fizemos uma descrição das análises preliminares dos dados que foram gravados em áudios. Usando um programa para análise de dados qualitativos, intitulado *ATLAS.Ti. 5.5 The knowledge workbench*, os áudios foram codificados por frações de tempo, de acordo com as suas características. Essa pré-análise resultou em gráficos que representam o uso do tempo das atividades pelos estudantes. Identificamos os conceitos mobilizados pelos estudantes e o número de ocorrências desses conceitos, o que também representamos por meio de gráficos.

No quinto capítulo, fizemos a descrição do refinamento da análise. Para isto, usamos um modelo que agrega a idéia de escala de tempo de uma atividade escolar proposto por Lemke (2000) e um modelo de níveis de complexidade cognitiva proposto por Aufschnaiter S. V. & Welzel M. (1997). Assim, foi possível determinar eventos de curto tempo, relacionados às idéias dos estudantes sobre os conceitos por eles mobilizados. Os gráficos construídos a partir desses eventos de pensamento constituíram em representações de episódios sobre cada conceito.

No sexto capítulo, relatamos alguns episódios de desenvolvimento de conceitos durante a execução de atividades práticas de Química. Esses episódios foram construídos, relacionando os eventos temporais e o nível de complexidade do pensamento de um estudante sobre determinado conceito. Para a produção das inferências que permitiram a construção e interpretação desses episódios, nos valem da teoria de *conhecimento em pedaços* de diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998) e diSessa (2001, 2002).

E, no sétimo capítulo, apresentamos as considerações finais acerca dos relatos de pensamentos dos estudantes a partir dos quais construímos os episódios. À guisa de resultados, destacamos alguns indícios de evolução conceitual no contexto das atividades experimentais. Também apresentamos as nossas considerações sobre a possível contribuição desta investigação para o ensino de Química e para a pesquisa em educação.

## **Capítulo I – Atividades Experimentais.**

Neste capítulo apresentaremos alguns aspectos das atividades experimentais, encontradas na literatura, que justificam o seu emprego, como estratégia para o ensino nos currículos de ciências. Faremos também uma discussão sobre a efetividade do trabalho prático para o desenvolvimento de conceitos ou evolução conceitual no ensino de Ciências, especialmente no ensino de Química.

O termo atividade experimental se refere às estratégias de ensino e aprendizagem usadas no trabalho prático. Partindo do pressuposto de que o trabalho prático é importante para o ensino de Ciências e de Química, tanto do ponto de vista da pesquisadora quanto dos autores pesquisados, é que esse contexto foi escolhido para o desenvolvimento do presente trabalho de investigação.

### ***1.1 – O papel das atividades experimentais nos currículos de Química.***

No Brasil, o trabalho prático sempre teve um papel de destaque no ensino técnico profissionalizante. Houve alguns períodos da história, em que a legislação brasileira priorizou o desenvolvimento da experimentação. As Reformas Francisco Campos (1931) e Capanema (1942) tentaram garantir o desenvolvimento de conhecimento científico por todos os estudantes, por meio da obrigatoriedade do ensino experimental.

No início da década de 1960 os currículos na Europa e Estados Unidos foram muito influenciados pela crença de que ensinar o método científico era ensinar Ciência. As atividades experimentais ganharam um papel central nas reformas curriculares desse período. Os Projetos BSCS, PSSC e CHEM desenvolvidos nos Estados Unidos e pelos cursos Nuffield de Biologia, Física e Química na Inglaterra tiveram grande influência nas escolas brasileiras.

No Brasil, a Lei Federal 5692/71 colocou como objetivo para o ensino de Ciências “*o desenvolvimento do raciocínio lógico e vivência do método científico*”. Assim, foi principalmente, a partir da década de 1960 e início da de 1970, que os currículos passaram a ser baseados na idéia de que era necessário incluir atividades experimentais nos cursos de Ciências. Por isso, nesse período, as escolas foram equipadas com laboratórios e materiais.

Mas, ao que tudo indica tais iniciativas político-educacionais não produziram os efeitos desejados, pois não conseguiram construir nem mesmo uma tradição no ensino de ciências, que cultivasse a experimentação como estratégia de ensino. Nós, professores de Ciências e Química, que atuamos na educação básica nas últimas décadas, sabemos que muitos laboratórios, existentes nas escolas desde as reformas, permaneceram fechados ou subutilizados. Nós sabemos também que, na educação básica, há uma tradição de ensino baseada mais em textos didáticos do que na experimentação.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996) no Brasil colocou o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, como complementação do aprendizado iniciado no Ensino Fundamental. De acordo com a interpretação dessa lei, o Ensino Médio, vinculado a Educação Básica, deixa de ter o objetivo de preparar os estudantes apenas para prosseguir estudos e passa a ter um caráter mais global na formação do indivíduo para o exercício da cidadania.

O objetivo do Ensino Médio passa a ser proporcionar à todo cidadão, condições de progredir no trabalho e continuar os estudos quando e se o desejar. Dessa maneira, o ensino prático passa a ter um papel importante no desenvolvimento de habilidades gerais, que possam ser usadas na vida do estudante.

Com essa finalidade, o Ensino Médio, segundo o texto dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (2003), no que diz respeito ao ensino das Ciências da Natureza, diz que o ensino deve:

*(...) envolver de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às*

*necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. (p.5).*

E, para tornar possível essa abordagem da Química os PCN/2003 fazem uma descrição detalhada das competências gerais a serem desenvolvidas pela área de Ciências e suas Tecnologias e também aquelas que devem ser desenvolvidas a partir do estudo de Química.

*(...) reconhecer o papel da Química no sistema produtivo; reconhecer as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico, além dos aspectos sociais, políticos e econômicos, relacionados com a produção industrial, com a poluição ambiental, assim como o controle e monitoramento da poluição, e também o reconhecimento dos limites éticos e morais envolvidos no desenvolvimento da Química e da tecnologia.*

Os PCN (2003) apontam o trabalho prático como uma “estratégia de ação” para desenvolvimento de algumas competências, no âmbito do ensino de Química. O texto diz:

*Merecem especial atenção no Ensino de Química as **atividades experimentais**. Há diferentes modalidades de realizá-las: como experimentos de laboratório, demonstrações em sala de aula e estudos do meio. Sua escolha depende de objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos materiais disponíveis.*

Os PCN sugerem também que os estudantes devem ser estimulados a desenvolver suas próprias investigações e não apenas repetir procedimentos pré-determinados, pois dessa forma o valor deste instrumento pedagógico é diminuído. E na linha de solução de problemas de química, os estudantes precisam:

*(...) reconhecer tendências e relações a partir de dados experimentais; (...) selecionar e aplicar idéias e procedimentos científicos para a resolução de problemas; (...) propor a investigação do problema, selecionando procedimentos pertinentes.*

Os documentos oficiais sugerem que o trabalho prático seja usado como estratégia curricular para o ensino/aprendizagem dos conceitos básicos de Química e que esses conceitos devem servir como instrumentos mediadores da interação do indivíduo com o mundo, contribuindo para a formação do cidadão. É nesse sentido, que a realização dessa investigação torna-se pertinente neste contexto.

Nós acreditamos que o conhecimento sobre os diversos aspectos relacionados ao desenvolvimento do trabalho prático poderia contribuir para a sua maior efetividade. Os resultados obtidos neste trabalho poderão servir para aumentar o conhecimento sobre o desenvolvimento conceitual de química no contexto do trabalho prático. Esse conhecimento poderá contribuir para que o uso do trabalho prático promova de fato maior desenvolvimento conceitual em química.

## ***1.2 – As Atividades Experimentais no ensino de Ciências e Química.***

Existe uma tradição de trabalho prático no ensino de ciências em diversos países da Europa, principalmente Inglaterra e França, e também nos EUA. Esses países produziram uma extensa literatura sobre as estratégias utilizadas no ensino prático, nos quais desenvolvem uma ampla discussão sobre as vantagens e limitações das atividades práticas como estratégia de ensino de ciências. Como exemplos, temos: Lunetta e Tamir, 1981; Solomon, 1990; Tamir et al., 1992; Lunetta, 1998; Woolnough e Allsop, 1991; Hegarty-Hazel e Prosser, 1991; Hodson, 1998.

A tradição do trabalho prático no ensino de ciências está relacionada com a crença de muitos professores e especialistas em currículo, de que a aprendizagem é mais efetiva se os alunos aprenderem não apenas sobre ciências, mas também a fazer ciências. Woolnough, (1991). E, embora exista uma vasta literatura que trata de argumentos que defendem o trabalho prático, há também críticas quanto à possibilidade dele ser realmente efetivo como estratégia de ensino. Hofstein & Lunetta, (1982); Hodson, (1998).

Muitos currículos de ciências no mundo, como na Inglaterra, França, países Nórdicos e Estados Unidos (John Leach e Albert Paulsen, 1999), dão

ênfase ao uso de atividades práticas como estratégia de ensino. Entre outros autores, Josephsen, J. (1998), ressalta que o trabalho prático é um elemento característico do ensino de ciências. Segundo esse autor, esse pensamento parece ser tão amplamente divulgado, entre os professores, que esses muitas vezes justificam de maneira intuitiva a necessidade de proporcionar aos seus alunos oportunidade de observação de fenômenos, por meio de manipulação de objetos e materiais.

Hodson (1998), diz que o laboratório é uma ferramenta fundamental para o ensino. Mas, vários autores concordam em que, dependendo da adequação ou não da abordagem de uma atividade prática, o aluno poderá não observar com clareza o que acontece no decorrer do experimento e nem identificar os conceitos e fenômenos envolvidos nos processos observados Hodson (1988), Gil Pérez e Valdés (1996) e Jong (1998).

Segundo Hodson (1988), a experimentação é parte da construção de uma teoria e, portanto, as modalidades dos experimentos dependerão do nível de sofisticação da teoria alcançada pelo estudante. Discutindo as funções do trabalho prático, Hodson (1993) diz que é necessário conhecer as suas possibilidades e limitações para a aprendizagem, que justifiquem ou não a sua inclusão num currículo de Ciências e particularmente de Química.

Hodson (1988) atribui dois papéis ao trabalho prático: como conteúdo do currículo e como método ou estratégia de ensino. Como conteúdo do currículo, o trabalho prático pode ser entendido como atividades de aprendizagem de Ciências. Como estratégia de ensino, o trabalho prático pode ser utilizado a fim de promover a aprendizagem de conceitos pelos alunos e também a compreensão da natureza da própria experimentação.

De acordo com Hodson (1990) e Woolnough (1991), o trabalho prático pode contribuir para que os estudantes aprendam conhecimentos e métodos da ciência, adquiriram habilidades específicas, sejam motivados para estudar ciências e para desenvolver atitudes científicas. Para Hodson (1990), o desenvolvimento de habilidades específicas tem validade discutível, pois não têm muito valor para o cidadão comum, na medida em que não se aplicam à vida cotidiana.

Segundo Hodson (1990), as habilidades podem ser classificadas como habilidades gerais e específicas. As habilidades gerais são transferíveis, podendo ser aplicadas em contextos diferentes. Esse tipo de habilidade inclui elementos como “*tomada de decisão*” e “*resolução de problemas*”. Essas habilidades são gerais e podem ser utilizadas em qualquer contexto da vida do estudante. Os defensores do trabalho prático acreditam que a estratégia de ensino, baseada em atividades experimentais, pode gerar essas duas categorias de habilidades.

Woolnough (1991) comparou a aquisição de uma variedade de habilidades entre estudantes da escola média que receberam atividades tradicionais com outros que receberam maior porcentagem de atividades experimentais. Em todas as habilidades testadas os estudantes que executaram o trabalho prático demonstraram a aquisição de habilidades significativamente maior.

Arce e Betancourt (1997) concluem a partir de suas investigações que o trabalho prático gera motivação, curiosidade, entusiasmo, e aumenta a confiança dos estudantes para aprender ciência, principalmente se os estudantes planejarem as suas próprias experiências. Esses autores afirmam que existe certo consenso entre professores de que o trabalho prático pode aumentar o nível de motivação dos estudantes.

Hodson (1990) observa que os estudantes acham o trabalho prático de fato uma alternativa menos enfadonha, entretanto, parece que nem sempre o trabalho prático chega a ser aproveitado conforme o esperado, isto contribui para um baixo impacto dessa estratégia de ensino para a motivação. Segundo o autor, se os estudantes são estimulados a planejar sua própria investigação, as experiências se tornam mais interessantes e motivadoras.

Muitos autores acreditam que o trabalho prático, como estratégia de ensino, pode melhorar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos, a partir de atividades que levem os alunos do mundo concreto para o abstrato. Nesse sentido, é que as atividades experimentais seriam efetivas para apropriação dos conceitos Solomon (1988), ou para interiorização dos conceitos (Arce e Betancourt (1997)).

De acordo com Arce e Betancourt (1997), para que os estudantes aprendam ou melhorem a sua compreensão sobre os conceitos, eles devem aplicar os conceitos relacionados ao seu objeto de estudo em uma situação nova. Para os autores, é somente assim que os estudantes podem pensar no verdadeiro significado de tais conceitos. Se os estudantes executam um trabalho prático, que envolva, por exemplo, os conceitos de calor e temperatura, então, eles poderão aumentar a sua compreensão sobre esses conceitos.

Arce e Betancourt, (1997) observam que se os estudantes planejam e executam as próprias atividades experimentais, o seu nível de aquisição de conhecimento aumenta significativamente. A literatura mostra algumas experiências de aplicações do trabalho prático como estratégia de ensino, que foram bem sucedidas. Um estudo realizado por Hewson M. e Hewson P. (1983) mostra que os estudantes que um grupo que se envolveu em atividades experimentais teve uma aquisição significativamente maior de conceitos científicos do que o grupo que recebeu instrução por meio de textos didáticos e aulas expositivas.

Por outro lado, a literatura também apresenta trabalhos, nos quais o trabalho prático parece não ter contribuído para a aprendizagem de conceitos. Mulopo e Fowler (1987) relatam um estudo de caso, no qual grupos de estudantes com o mesmo nível de capacidade de abstração se envolveram em duas estratégias de ensino: a primeira baseada em atividades práticas e a segunda em resolução de exercícios. Depois de avaliar o entendimento dos estudantes sobre alguns conceitos químicos, os autores concluíram que a compreensão dos conceitos pelos alunos estava relacionada ao seu desenvolvimento intelectual e não a presença ou ausência do trabalho prático.

Barberá e Valdés (1996), em revisão bibliográfica sobre o papel das atividades experimentais no ensino, afirmam que do ponto de vista construtivista, um papel atraente para as atividades experimentais seria a promoção de mudança conceitual. Entretanto, eles afirmam que as pesquisas relacionadas a mudanças conceituais demonstram que os alunos preservam as concepções espontâneas, mesmo depois de passar por atividades

experimentais. Para eles, isso acontece porque os professores e estudantes têm objetivos diferentes ao realizarem tais atividades.

Para diversos autores, tais como Gonzalez (1992), Hodson, (1998); Pérez e Valdés (1996), as atividades experimentais são usadas como ilustração ou confirmação da teoria. Segundo esses autores, os alunos não são capazes de avaliar os fenômenos e nem de identificar os conceitos a eles relacionados. Gonzalez (1992) atribui a pouca efetividade do trabalho prático a falta de fundamentos teóricos no planejamento da atividade. Hodson, (1998) aponta a importância da definição de objetivos de aprendizagem explícitos em uma atividade experimental.

Lunetta (1998) diz que a atividade prática não é suficiente para permitir aos estudantes construir uma compreensão efetiva sobre conceitos complexos. Esses autores concordam que para que ocorra aprendizagem conceitual é necessária a intervenção do professor, para que ocorra desenvolvimento das idéias dos estudantes.

De acordo com Hodson (1988), há uma interferência recíproca entre prática e teoria, ele diz que o experimento auxilia a elaboração da teoria e que a teoria determina o modo como os experimentos devem ser feitos. Do mesmo modo, Séré (2002) destaca três objetivos para as atividades experimentais: conceituais; procedimentais e epistemológicas. A autora diz que de acordo com o objetivo conceitual a teoria serve de suporte para as atividades experimentais.

Hodson (1994) aponta e critica cinco categorias de objetivos para o uso de experimentos por professores, entre as quais a aprendizagem de conhecimento. Ele diz que algumas vezes o trabalho prático não contribui para a aprendizagem de conhecimento e pode até atrapalhar. Entretanto, Hodson acredita que no trabalho prático, o desenvolvimento de atitudes científicas é essencial para os praticantes de ciência. Segundo o autor, atividades experimentais podem estimular um conjunto de idéias e procedimentos que traduzem tais atitudes.

Gil-Pérez e Valdés Castro (1996) também acreditam que a atividade experimental possa explorar situações da atividade científica, favorecendo a

reflexão dos estudantes sobre os problemas propostos. Mas, Gil-Pérez et al. (1999) dizem que além da observação na experimentação, o papel das hipóteses é essencial para nortear as investigações e determinar o conhecimento envolvido. Nesse sentido, os autores afirmam que se o trabalho prático não for bem orientado, pode contribuir para uma visão deformada do trabalho científico por parte dos alunos.

Hofstein, A. e Lunetta, V. (2004) afirmam que as atividades de laboratório oferecem experiências importantes para a aprendizagem da ciência que não estão disponíveis em outras disciplinas escolares. Essa afirmação, já havia sido feita pelos autores, em 1982, em uma revisão sobre o papel do laboratório no ensino de ciências, durante as décadas de 1970 e 1980. Neste trabalho, os autores apontaram diversos fatores que dificultavam a aprendizagem conceitual no laboratório. E, 20 anos depois, eles constatam que os mesmos fatores continuam a persistir nos ambientes escolares.

Tais fatores incluem: roteiros como “receitas de bolo” para o aluno seguir de modo ritualístico; avaliação inadequada das habilidades e conhecimento dos alunos; despreparo dos professores; falta de atividades de investigação por causa de limitações de recursos, incluindo acesso a ferramentas tecnológicas; além da falta de tempo dos professores. Outros fatores inibidores da aprendizagem incluem classes com muitos alunos, horários inflexíveis para uso dos equipamentos e laboratórios, e o foco de atenção dos educadores nos exames externos.

Muitos autores, tais como: Giordan (2003); Hofstein e Lunetta (2004), Hodson (2005). Esses autores afirmam que as atividades abertas de laboratório permitem maior autonomia dos alunos na formulação de hipóteses, tornando-as mais eficazes para o ensino de ciências. Giordan (2003) ressalta que as atividades abertas permitem ao aluno acertar e errar, contribuindo assim para mantê-lo comprometido com a sua própria aprendizagem.

No contexto das atividades investigativas abertas, Borges et. Al. (2002) relatam que em uma situação de ensino, durante uma atividade sobre pêndulos simples, um dado anômalo despertou a curiosidade e demandou

dos alunos o planejamento de uma nova investigação. Os autores acreditam que a partir desta experiência, os estudantes aprenderam além do conteúdo conceitual específico para a situação, algo que se refere à natureza da própria investigação.

Alguns autores consideram que as atividades abertas ganham força quando incorporam as tecnologias computacionais e eletrônicas, tornando-se promissoras para o ensino de ciências. Giordan (2003) diz que esse tipo de atividade favorece uma visão mais correta do que seja a atividade científica. Hofstein e Lunetta (2004) afirmam que esse tipo de atividade pode contribuir para tornar as atividades de laboratório mais adequadas e mais viáveis em função da falta de tempo dos professores e de recursos disponíveis para os laboratórios escolares. Hodson (2005) diz que esse tipo de atividade favorece a participação mais direta dos alunos no planejamento e na formulação de hipóteses.

Abrahams, I. and Millar R. (2008) realizaram uma pesquisa sobre a efetividade do trabalho prático. A hipótese dos autores era a de que muitos professores esperam que os estudantes aprendam idéias teóricas a partir das atividades experimentais, como uma consequência direta de ações relacionadas à manipulação de objetos e materiais para entender o fenômeno.

No trabalho realizado por Abrahams, I. and Millar R. (2008), eles acompanharam a aplicação de 25 atividades práticas em escolas secundárias inglesas e verificaram que a aprendizagem de idéias científicas estava entre os objetivos de todas elas. Mas, no planejamento do trabalho prático não havia indicações de como os estudantes poderiam aprender tais idéias. E, além disto, durante a aplicação das atividades, pouco tempo foi dedicado à discussão das idéias teóricas.

Para Abrahams, I, and Millar R. (2008), os estudantes demandam determinado tipo de atenção específica durante as atividades experimentais. O trabalho prático requer um planejamento cuidadoso voltado para a aprendizagem de conceitos e, também é necessário dedicar mais tempo para as discussões sobre os conceitos. Os autores sugerem que o tempo da

atividade prática seja dividido entre “o que fazem” e “o que aprendem”. O que os estudantes fazem está no domínio dos observáveis, enquanto o que eles aprendem está no domínio das idéias.

O quadro 1 mostra os níveis de efetividade do trabalho prático, relacionados aos domínios dos observáveis e das idéias, proposto por Abrahams, I. and Millar R. (2008).

**Quadro 1** - Efetividade do trabalho prático. Abrahams, I & Millar R. (2008).

EFETIVIDADE	DOMÍNIO DOS OBSERVÁVEIS	DOMÍNIO DAS IDÉIAS
Nível 1 – O que os estudantes fazem. Domínio dos Observáveis (objetos, materiais e fenômenos).	... os estudantes manipulam os objetos e materiais conforme o planejamento do professor e geram o tipo de dado que o professor pretende.	... durante a realização da tarefa, os estudantes pensam em suas ações e observações, usando as idéias fornecidas pelo professor.
Nível 2 – O que os estudantes pensam. (O que aprendem) Domínio das Idéias	... os estudantes podem recordar o que eles fizeram com os objetos e materiais, e as observações feitas durante a tarefa e, pensar nas características dos dados coletados.	... os estudantes podem mostrar o seu entendimento sobre as idéias relacionadas com a tarefa que foi planejada para ajudá-los a aprender.

Acreditamos que essa distinção feita por Abrahams, I, and Millar R. (2008), entre os domínios dos observáveis e das idéias, pode contribuir para uma reflexão sobre os objetivos de uma atividade prática que são expressos em seu roteiro. A partir dessa análise, também podemos refletir sobre o nível de pensamento que a atividade efetivamente proporciona aos alunos. Os autores afirmam que só é possível ajudar os alunos a usarem as idéias científicas associadas com os fenômenos que eles produzem e observam durante as atividades experimentais.

Gomes, A. D.T., Borges, A. T. e Justi, R. (2008) fazem uma revisão da literatura sobre os processos e conhecimentos envolvidos na realização de uma atividade de investigação. Eles discutem a relação e a natureza dos conhecimentos conceituais e procedimentais que estão envolvidos na execução de atividades práticas, considerando as implicações metodológicas para a pesquisa na área. Para esses autores, as pesquisas no campo do

trabalho prático, como atividades investigativas, devem considerar os avanços conseguidos nas últimas décadas pelas pesquisas na área da psicologia cognitiva e do desenvolvimento do pensamento científico.

Segundo Gomes, A. D.T., Borges, A. T. e Justi, R. (2008), um debate que permanece aberto na pesquisa na psicologia cognitiva e também na área de educação em ciências refere-se ao tipo de ensino mais eficiente para o desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação. Esses autores acreditam que seja necessário desenvolver metodologias que, além de caracterizar o pensamento dos estudantes durante a realização da atividade prática, permitam relacionar os conhecimentos de cada estudante com o seu desempenho e com as estratégias por eles utilizadas durante a realização da tarefa.

A partir das pesquisas a que tivemos acesso, podemos acreditar que existam espaços para as investigações que possam explorar os pensamentos e as idéias dos estudantes no decorrer do desenvolvimento de atividades experimentais. Assim, o nosso trabalho se insere nesse campo da pesquisa. Para essa investigação, usaremos instrumentos da psicologia cognitiva para coleta e análise dos dados, buscando compreender os aspectos que compõem o desenvolvimento conceitual durante a experimentação.

## **Capítulo II – Pesquisas sobre desenvolvimento conceitual e Teorias da Aprendizagem.**

Neste capítulo apresentaremos algumas tendências da pesquisa em ensino e aprendizagem de ciências nas últimas décadas. Para isto, procuramos estudos de revisão sobre as investigações com foco na aprendizagem, desenvolvimento ou evolução conceitual em ciências. Nesse contexto, buscamos identificar as teorias sobre evolução conceitual que nortearam esses estudos e as suas possíveis contribuições para a pesquisa relacionada ao desenvolvimento conceitual no contexto específico desta investigação.

## **II.1 – Algumas tendências da pesquisa em ensino e aprendizagem de ciências.**

De acordo com Schnetzler, R. P. (2002), as pesquisas em educação passaram a ter o seu foco voltado para as temáticas relacionadas com a aprendizagem a partir da década de 1980. A autora destaca três linhas de pesquisa nas tendências nacionais e internacionais das investigações sobre o ensino de Ciências das décadas de 1980 e 1990: as *estratégias e modelos de ensino para a promoção de mudança ou evolução conceitual; o papel da linguagem na construção de conceitos científicos; concepções de professores e modelos de formação docente.*

Schnetzler, R. P. (2002) diz que durante a década de 1980, os pesquisadores apontavam o *conflito cognitivo* como uma condição para a ocorrência da aprendizagem por mudança conceitual. A partir dessa idéia, proporcionar aos alunos conflitos cognitivos em sala de aula tornar-se-ia uma responsabilidade dos professores. Assim, muitas pesquisas passaram a ser baseadas no confronto entre as concepções ou idéias prévias dos estudantes e os resultados empíricos obtidos por meio de atividades experimentais.

No contexto da investigação sobre as aplicações das idéias prévias dos estudantes ao trabalho em sala de aula, Schnetzler (2002) citando Driver e Erickson (1983); Osborne e Wittrock (1983); Gilbert e Watts (1983) e Hashweh (1986) esses trabalhos mostraram que muitas das concepções espontâneas persistiam no sujeito até em cursos universitários de Ciências.

Para Schnetzler, R. P. (2002 e 2004), o início dos anos 1990 marcou o surgimento de críticas à mudança conceitual baseada nas concepções prévias dos estudantes e, a interação discursiva na perspectiva sócio-interacionista ganha força nas pesquisas educacionais. Nesse sentido, a autora cita Driver, Asoko, Leach, Mortimer, Scott, (1994), que vêem o processo de aprendizagem de Ciência como a incorporação de uma cultura diferente da cultura de senso comum. Para esses autores, as concepções prévias do estudante e sua cultura cotidiana não têm que ser substituídas pelas concepções da cultura científica.

As idéias sócio-interacionistas aparecem em diversos trabalhos relacionados ao desenvolvimento de conceitos em química, tais como: transformações químicas, conservação de massa, quantidade da matéria e energia envolvida nos processos químicos. Stavy, R. (1990); Mortimer, R. F. & Miranda, L.C. (1995); Rosa, M. I. F. S.; Schnetzler, R. P. (1998); Justi, R. S. (1998).

Em nossa leitura sobre as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento conceitual da última década, encontramos vários artigos relacionados às concepções de estudantes sobre conceitos fundamentais de Ciências e da Química, que seriam abordados em nossa investigação, entre os quais: Ebenezer e Erickson (1996); Ebenezer (2001); Andrés Ma. M. e Pesa M. A. (2004); Johnson P. (2005); Muammer Ç., Ayas A. e Ebenezer J. V. (2005).

Johnson P. (2005) descreve o desenvolvimento das idéias de estudantes ingleses, entre 12 e 14 anos, durante a aplicação de um material didático, que explorava conceitos de Química. Por meio de entrevistas clínicas, o autor verifica que muitas das idéias prévias dos estudantes permaneceram após o desenvolvimento da unidade. Outros estudantes empregaram as mesmas palavras e frases iniciais, mas incorporam novas idéias, produzindo novos significados. O autor conclui que nos casos em que houve evidências de mudanças, elas foram claramente influenciadas pelas novas idéias introduzidas a partir da unidade didática.

Muammer Ç., Ayas A. e Ebenezer J. V. (2005) fazem uma revisão bibliográfica sobre o desenvolvimento do conceito de solução. Nas pesquisas relacionadas, eles apontam os principais focos dos estudos sobre desenvolvimento conceitual de Química nas duas últimas décadas: a interação entre o conhecimento existente e conhecimento novo; concepções de estudantes versus explicações científicas; concepções alternativas; concepções dos estudantes sobre os conceitos fundamentais das ciências; caracterização dos níveis de compreensão dos estudantes; desenvolvimento de habilidades e padrões de raciocínio.

Os métodos usados para exploração das concepções dos estudantes foram basicamente entrevistas e avaliações, com pré e pós-testes. Segundo

os autores, os resultados desses estudos indicaram a necessidade de outras pesquisas sobre o entendimento de como os estudantes usam as suas concepções para criar modelos plausíveis sobre os conceitos estudados em sala de aula. Eles acreditam que o conhecimento desses modelos possa ajudar os professores a criar e planejar estratégias para explorar as concepções dos estudantes e intervir na sua aprendizagem.

Para o presente trabalho, focalizamos as pesquisas relacionadas às características da evolução conceitual em processos de aprendizagem escolar, buscando alternativas que possam nos ajudar no processo de análise dos dados obtidos nessa investigação.

## ***II.2 – Evolução Conceitual e Aprendizagem***

Posner ET. AL. (1982) usa o termo *evolução conceitual* fazendo uma analogia com a teoria de Kuhn (1970) sobre a ciência normal, que seria aquela em que os cientistas desenvolvem as idéias já estabelecidas pela comunidade científica, e as grandes revoluções científicas, nas quais aparecem novas idéias que se contrapõem as já estabelecidas, provocando mudanças de paradigmas. Esses autores distinguem duas maneiras pelas quais ocorre a evolução conceitual: a primeira refere-se ao processo de assimilação, que corresponderia a ciência normal e a segunda a acomodação, que corresponderia a uma revolução das idéias.

Assim, de acordo com Posner ET. AL. (1982), no processo de assimilação, os estudantes usam conceitos pré-existentes para compreender novos fenômenos. E, no processo de acomodação ou de reestruturação da *ecologia conceitual* do sujeito, ele rompe com as concepções prévias para dar lugar a novas concepções em sua estrutura conceitual. Essa idéia de substituição das concepções prévias é central nessa teoria de mudança conceitual.

O termo “ecologia conceitual” é usado por Posner ET AL. (1982) referindo-se ao conjunto de conhecimentos prévios que possibilita a mudança conceitual baseada nos princípios de acomodação e assimilação de novas idéias. O conceito de ecologia conceitual contém dois aspectos que dizem

respeito a mudança conceitual: as anomalias e as suposições fundamentais sobre a ciência e o conhecimento. Nesse sentido, as mudanças conceituais seriam mudanças de concepções, que envolvem julgamento por parte do aprendiz. Desse modo, um elemento a ser considerado num processo de mudança conceitual seria a visão de mundo do aprendiz, que se refere aos seus pressupostos e juízo de valor que determinam as suas concepções.

Concepções dos estudantes sobre conceitos científicos relacionadas a sua cultura cotidiana são apresentadas por Driver, Asoko, Leach, Mortimer, Scott, (1994 e 1999). Neste artigo, os autores propõem que as concepções prévias não necessitam ser substituídas por concepções da cultura científica. Mortimer e Machado (1997) também afirmam que a construção de conhecimentos científicos não pressupõe a diminuição do status dos conceitos cotidianos, mas uma reflexão sobre as interações entre o senso comum e a cultura científica.

A idéia de que as concepções prévias não são substituídas, mas convivem com as concepções novas, encontrada em Mortimer (1995, 1996) se diferencia da teoria defendida por Posner ET AL. (1982). Enquanto Posner defende a idéia de que as concepções prévias são substituídas por idéias científicas, no modelo de mudança de perfis conceituais de Mortimer, a evolução conceitual é entendida como a possibilidade do sujeito usar diferentes idéias sobre um mesmo conceito em diferentes contextos. Para Mortimer (1996), *a construção de uma idéia nova pode ocorrer sem que haja, necessariamente, acomodação de estruturas conceituais já existentes.*

De acordo com Mayer (2001), mudança conceitual é um mecanismo subjacente a aprendizagem significativa, que ocorre em situações nas quais o aprendiz faz um esforço mental no sentido de compreender algo. Para esse autor, durante as últimas décadas, os pesquisadores da área de educação colocaram a mudança conceitual no centro das pesquisas, tanto sobre os aspectos fundamentais da ciência da aprendizagem, como dos processos de aprendizagem em domínios específicos.

Algumas maneiras pelas quais a mudança conceitual é reconhecida pelos pesquisadores são destacadas por Mayer (2001) como: processo para

alcançar a acomodação de estruturas de conhecimento; compreensão das relações conceituais; aprendizagem profunda; ou construção de modelos mentais. O autor compara e contrasta quatro visões sobre a mudança conceitual de quatro autores da área, na última década. Ele faz um resumo dessas visões em um quadro que traduzido é apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2.** Teorias de Mudança Conceitual – Richard E. Mayer (2001)

<b>Teorias →</b>	A visão de síntese de significado. <b>Vosniadou &amp; S. &amp; Brewer,</b>	A visão da substituição de “misconception” <b>Chi e Roscoe.</b>	A visão de organização das partes do conhecimento. <b>DiSessa</b>	A visão sociocultural. <b>Ivarsson, Schoultz, e Säljö</b>
<b>O que é mudança conceitual?</b>	A Síntese das explicações.	Substituição das idéias ingênuas.	Organização do conhecimento.	Apropriação de ferramentas intelectuais.
<b>O que muda?</b>	O modelo mental.	O modelo Mental.	A estrutura do conhecimento.	O uso das ferramentas.
<b>Quem muda?</b>	Estudante como sintetizador de explicações.	Estudante como fixador de conhecimento.	Estudante como organizador do conhecimento.	Estudante como usuário de ferramentas.
<b>Como essa mudança ocorre?</b>	Gradual: Integrando conhecimento a estrutura.	Gradual: Corrigindo concepções incorretas.	Gradual: Organizando e integrando p-prims.	Gradual: Uso de ferramentas cognitivas no contexto social.
<b>Onde ocorre a mudança?</b>	Na mente do sujeito.	Na mente do sujeito.	Na mente do sujeito.	Na sociedade.
<b>O que é conhecimento prévio?</b>	Obstáculo é condição prévia para mudança.	Obstáculo para aprendizagem.	Condição prévia para mudança.	Nem obstáculo, nem condição p/ mudança.

De acordo com Mayer (2001), a teoria de síntese de significado de Vosniadou & S. & Brewer, W. F.(1992) diz que a mudança conceitual é feita por meio da construção de um modelo mental, que se dá a partir de uma estrutura existente na mente do aprendiz. O sujeito explica como algo funciona usando uma teoria ingênuas, com base na experiência pessoal. Um exemplo seria a explicação de que *usamos um agasalho para não deixar o frio entrar*. Nesse caso, o conhecimento prévio constitui um obstáculo para a mudança conceitual, porque é conflitante com o conceito de calor.

Mayer (2001) diz que em Chi e Roscoe (2000), o aprendiz constrói um modelo mental de como funcionam as coisas baseando-se inicialmente em concepções incorretas ou ingênuas, que ele deve substituir por outras corretas, a fim de promover uma compreensão profunda. Trata-se de um processo de mudança cognitiva, que ocorre no interior da mente, por meio da remoção de conceitos incorretos, que são definidos como equívocos ou “misconceptions”. Os equívocos podem dificultar ou até impedir a aprendizagem de conhecimentos formais.

Também de acordo com Mayer (2001), DiSessa (2001) apresenta uma teoria de mudança conceitual baseada em “conhecimento em pedaços”. Nessa teoria, o aprendiz organiza os fragmentos de conhecimento ingênuo em uma estrutura mental de um sistema complexo, definido como ecologia conceptual. Esses fragmentos são denominados p-prims (*para primitivos fenomenológicos*), que se referem a idéias intuitivas, mas, que podem ser princípios científicos que o sujeito usa para explicar um fenômeno. Assim, o mecanismo de mudança conceptual não é uma simples substituição, mas sim um processo complexo de integração e reorganização de p-prims. Nesse sentido, o conhecimento prévio são os p-prims, que constituem a base para a mudança conceitual.

A quarta teoria apresentada por Mayer (2001), de Ivarsson, S. e Säljö, R. (2002), se baseia na idéia de que a mudança conceitual ocorre pela incorporação de ferramentas intelectuais adequadas para explicar os fenômenos. A cognição seria a utilização dessas ferramentas pelo aprendiz e a mudança conceitual seria o desenvolvimento de novas maneiras de utilizá-las, em diversos contextos. Nessa teoria, o conhecimento prévio não constitui um obstáculo, nem um pré-requisito para a mudança conceitual, pois o aprendiz pode começar sem o uso de ferramentas adequadas e, no processo de aprendizagem tornar-se um usuário de uma ferramenta eficaz.

Em conclusão, Mayer (2001) diz que em todas as teorias estudadas, a mudança conceitual é um processo gradual de construção de conhecimento. Mas os mecanismos que provocam essas mudanças variam, assim como o papel do conhecimento prévio na aprendizagem. Mayer diz também que em todas essas teorias os autores apresentam evidências empíricas para as

suas afirmações, mas para ele, essas teorias ainda precisavam passar por provas científicas mais rigorosas.

A partir da leitura que fizemos sobre as teorias de aprendizagem aqui apresentadas, adotamos algumas idéias acerca da evolução conceitual como um referencial para a análise dos dados construídos nesta investigação. Não estamos adotando uma idéia de evolução conceitual na perspectiva de Posner (1982), como uma revolução de idéias, nem a idéia de substituição dos conceitos prévios por conceitos científicos. Estamos chamando de evolução conceitual o desenvolvimento das idéias dos estudantes durante uma atividade prática de química no laboratório escolar, portanto, estamos falando de evolução conceitual em um domínio específico.

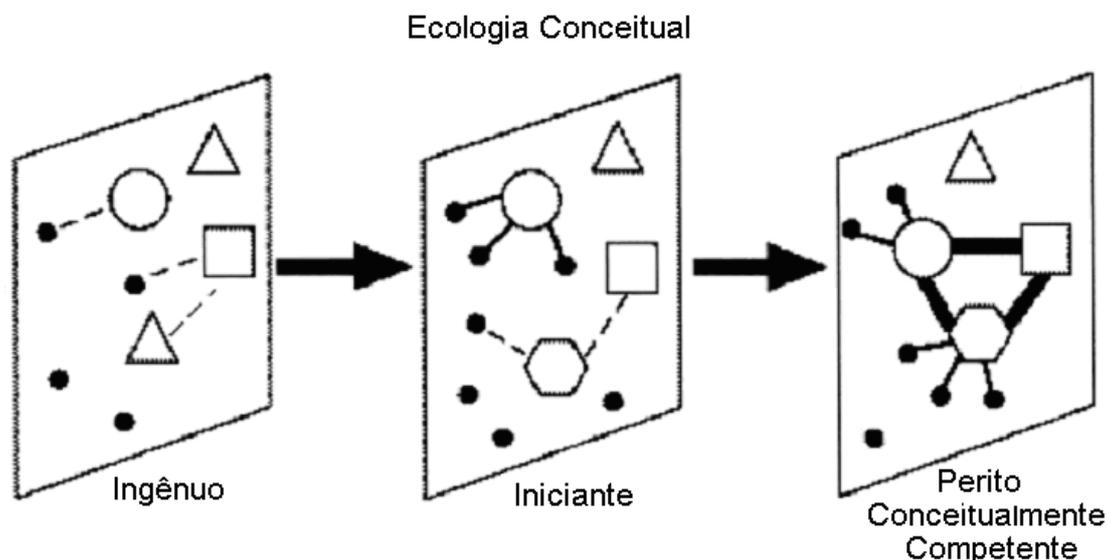
Para o nosso estudo, buscamos aprofundar o nosso entendimento sobre a teoria de “conhecimento em pedaços” de diSessa (2001). Segundo esse autor, o estudante pode juntar fragmentos de conhecimento sobre um contexto, para entender e explicar os fenômenos observados. Acreditamos que essa idéia seja útil para nos ajudar a compreender os processos, que foram relatados durante o desenvolvimento das atividades experimentais de química.

### ***II. 3 – Ecologia Conceitual: classes de coordenação e p-prims.***

Para diSessa (2002), o conceito de ecologia conceitual é explicado em termos de dois tipos diferentes de entidades mentais: p-prims e classes de coordenação. P-prims são elementos de conhecimento intuitivo existentes em grande número na mente do sujeito e que muitas das vezes, são bastante específicos para serem usados em determinado contexto. Classes de Coordenação, ao contrário, são grandes e complexos sistemas cuja existência implica em um elevado grau de coordenação entre os diversos contextos. Ou seja, as classes de coordenação contêm muitos p-prims.

A figura 1 mostra um esquema com o qual diSessa (2002) ilustra a sua idéia sobre ecologia conceitual, ou sistema de conhecimento complexo. O autor apresenta três diferentes estados do sujeito em uma mudança

conceitual. O primeiro é o ingênuo, que se refere ao estado do iniciante em determinado tema. O sujeito nesse estado é exposto a um grande número de elementos conceituais de diferentes tipos. Esses elementos são modificados e combinados de forma complexa, possivelmente em níveis e subsistemas, que se juntam e constituem a configuração conceitual de um perito.



**Figura 1:** Ecologia Conceitual: integrando elementos a um sistema de conhecimento complexo.

diSessa (2002), discute o processo de mudança conceitual a partir da reorganização do conhecimento do sujeito. Para o autor, uma mudança conceitual envolve a organização e a reorganização de diversos tipos de conhecimento, de modo que sistemas mais simples são reorganizados em sistemas complexos. diSessa diz que os estudantes pensam a partir de um conhecimento intuitivo ou primitivo que ele chamou de “p-prims” (phenomenological primitives). “P-prims”, que são fragmentos pequenos e simples de conhecimento adquirido a partir da experiência do sujeito em contextos específicos.

### II.3.1 - Características das Classes de Coordenação

Levrini O. e diSessa A. (2008) dizem que a teoria de classes de coordenação foi desenvolvida para lidar diretamente com as seguintes questões: O que significa *ter um conceito*? Como podemos tornar este termo mais preciso e útil para a pesquisa educacional? O que significa *mudança*

*conceitual?* Como ocorrem as mudanças nas mentes dos estudantes? Como ocorre o processo de mudança conceitual?

Um modelo de mudança conceitual adotado por alguns autores diz que uma estrutura de conhecimento sofre mudança se o sujeito estabelece novas relações entre conceitos, formando um novo esquema, que permite solucionar novos problemas. Para diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998), o sujeito muda a sua maneira de ver a situação, ou a sua convicção sobre os fatos. Assim, uma mudança conceitual é uma mudança na estrutura de conhecimento global do sujeito ou, uma mudança nos conceitos fundamentais que compõem a sua estrutura de convicções.

Depois de examinar as teorias sobre mudança conceitual na literatura durante as décadas de 1980 e 1990, diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998) propõem uma discussão sobre a mudança conceitual, partindo da seguinte pergunta: *o que muda na mudança conceitual? Nesse trabalho, os autores criticaram o fato de que não existia um consenso sobre o significado de conceito e, apontaram a necessidade de construir uma teoria sobre a noção de conceito para substituir a variedade de definições existentes.*

O problema central das teorias de mudança conceitual seria a imprecisão da definição de conceito. A partir dessa idéia, diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998) propõem que alguns conceitos sejam tomados como *classes de coordenação*. Uma classe de coordenação é definida pelos autores como estratégia de leitura do mundo, que determina as escolhas de classes particulares de informações em determinado contexto. Segundo os autores, as pessoas adotam diferentes estratégias de leitura do mundo, dirigindo a sua atenção para os aspectos que consideram relevantes.

diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998) e diSessa (2002) se contrapõem, a visão de que as concepções dos estudantes são fortemente estruturadas a partir de teorias. Eles consideram que as concepções dos estudantes são baseadas em exemplos de sua experiência. Para eles, os estudantes estabelecem relações diretas com os fenômenos na vida cotidiana. Assim, existe uma dependência dos seus conceitos e os contextos nos quais se manifestam.

diSessa (2002) aponta dois significados para as classes de coordenação: como integração entre a observação e os aspectos do sistema. Ou seja, dentro de uma determinada situação, é necessário coordenar múltiplas observações ou diferentes aspectos para determinar informações sobre o sistema. A este significado de classe de coordenação, o autor descreve como *integração*. O segundo significado para classes de coordenação se refere ao conhecimento que conduz a leitura de uma informação em determinada situação. O sujeito deve ter um conhecimento seguro e confiável da informação a ser usada em determinada situação.

Classes de coordenação são, portanto, uma definição heurística do que seja conceito. O modelo de conceito de diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998) é definido como um sistema de conhecimento. Ou seja, para ele, o conhecimento não se reduz a uma única estrutura mental, nem mesmo certo número de estruturas associadas a um conceito. De acordo com esses autores, conhecimento é o que nos permite articular as informações sobre um sistema para desempenhar uma tarefa em determinado contexto.

De acordo com o modelo de desenvolvimento conceitual proposto por diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998), não se pode declarar que um estudante domina ou não determinado conceito. Ao invés disso, os autores dizem que é necessário descrever os modos e circunstâncias em que o estudante usa um sistema de conceitos. Aplicando essa visão de sistema, o modelo de desenvolvimento conceitual desses autores é descrito em termos de desempenho durante a execução de uma tarefa.

No modelo descrito por diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998), o sujeito desenvolve um conceito no contato com as situações específicas nas quais tal conceito é definido, observando e construindo informações sobre tais situações. Nesse sentido, uma classe de conceitos específicos é definida como categoria ou como uma maneira de ler a realidade. A distinção de classes de conceitos é importante para a aprendizagem em Ciências e, nesse sentido o que diSessa (2002) denomina de classes de coordenação são experiências cognitivas complexas.

Levrini O. e diSessa A. (2008) apresentaram uma análise empírica de um episódio de sala de aula no qual os estudantes revelaram dificuldades com o conceito de tempo na teoria da relatividade. Os autores usaram a teoria de classes de coordenação para mostrar que ocorre um progresso lento e gradual da compreensão dos estudantes sobre o tempo na perspectiva da relatividade, uma vez que eles possuíam previamente outra noção de tempo.

Os autores ressaltaram que o modelo de classes de coordenação é mais detalhado do que outros modelos de mudança conceitual e por isto se aplica para análise de episódios de aprendizagem problemática. Ou, aprendizagem de conteúdos complexos, considerados difíceis. De acordo com Levrini e diSessa, esse enfoque permite observar as construções ontológicas ou reconstruções do conhecimento que os estudantes fazem, parte por parte, mostrando a sua evolução gradual.

Os conceitos considerados pelos autores como complexos são aqueles que mantêm certa dependência com outros conceitos, o que obriga o estudante a juntar as partes de sua compreensão sobre um sistema, para compreendê-lo em sua totalidade. Esse processo de aprendizagem não ocorre de uma só vez, e sim de forma lenta e gradual. A idéia que os autores defendem, é a de que o modelo de classes de coordenação permite a leitura desse processo cognitivo.

### **II.3.1 - Características dos P-primos**

Os p-primos são precursores do conhecimento, que guardam relações diretas com o modo como o sujeito compreende os fenômenos e executa as ações na vida cotidiana. Eles funcionam como exemplos, ou como modelo para o caráter generativo da compreensão humana. diSessa (2002) afirma que os p-primos constituem a maior parte dos conceitos intuitivos da física e destaca algumas das propriedades desses elementos que podem nos ajudar a reconhecer um candidato a p-prim.

De acordo com diSessa (2002), p-prims são elementos pequenos, simples e essenciais para o sistema; existem em grande número, possibilitando inúmeras integrações em um sistema; podem ser reconhecidos por observação do contexto; são reconhecidos por sua autenticidade e plausibilidade; produzem explicações primitivas para os fenômenos, sem compromisso com teorias científicas; podem revelar uma conexão problemática com a linguagem, ou seja, o termo científico pode ser tomado num sentido intuitivo; originam-se a partir de abstrações mínimas, simples e familiares para o sujeito. E, um p-prim não é extinto ou substituído por um conceito científico, mas sim reorganizado em um sistema de conhecimento.

A teoria de diSessa sobre os p-prims se distingue de outras teorias que consideram o papel de conceitos prévios na evolução conceitual, não apenas por considerar a sua reintegração ao sistema ao invés da extinção, mas também porque um p-prim, ao contrário de outras definições de conceitos intuitivos, pode encontrar um lugar útil em um sistema complexo de conhecimento. Ou seja, um p-prim pode ser um conceito científico eficaz, dependendo do modo como é integrado a um sistema complexo. Nesse caso, a função do p-prim deixa de ser uma explicação primitiva para tornar-se uma explicação científica.

Assim, de acordo com diSessa (2002), podemos entender que uma evolução conceitual ocorre se o sujeito faz alguma mudança na articulação de um p-prim no contexto de observação de um fenômeno. Nesse sentido, evolução conceitual pode ser definida como *mudanças de prioridades* ou de *graus de articulação* de um conjunto de p-prims com os contextos particulares em que são usados.

### **II.3.3 - Candidatos a p-prims em Química: alguns exemplos.**

Taber K. S. (2008) explora a teoria do conhecimento em pedaços, na perspectiva de diSessa (1993), fazendo uma síntese das idéias usadas por esse autor para avaliar como os estudantes pensam sobre temas de física, buscando reconhecer alguns candidatos a p-prims em química. O autor

considera que a noção de *p-prims* e a abordagem de conhecimento em pedaços podem ser úteis para avaliar as idéias dos estudantes durante situações de aprendizagem em química.

Os fenômenos estudados em química muitas vezes não são diretamente observáveis. Para que o sujeito tenha alguma idéia sobre a natureza e as propriedades do mundo submicroscópico, ou para pensar em termos de partículas, átomos, moléculas, íons, elétrons, etc, ele não poderá se valer de abstrações de sua experiência direta com os fenômenos.

O conhecimento do mundo atômico é desenvolvido por meio de modelos e comunicado dentro da cultura, por meio da divulgação científica, aos quais os estudantes têm acesso dentro e fora do ambiente escolar. Assim, é possível aos estudantes desenvolver idéias corretas e incorretas neste domínio, interpretadas a partir de situações de ensino, em contato com a cultura, ou uma combinação de ambos. De acordo com Taber K. S. (2008) as idéias que são suscitadas nos estudantes ao serem expostos a tais teorias são fortes candidatas a *p-prims*.

As idéias relacionadas à estabilidade atômico molecular, no que se refere a distribuição de elétrons, podem ser entendidas pelos estudantes de modo correto ou incorreto. Mas, se, por exemplo, os estudantes compreendem a idéia de simetria presente na teoria do octeto, para explicar a estabilidade dos gases nobres, eles tendem a testar essa mesma idéia de simetria como um princípio para explicar tanto a estabilidade de outras espécies químicas, como também de processos químicos.

De acordo com Taber K. S. (2008), não é a adoção de um princípio impróprio para explicação de um fenômeno em outro contexto que torna uma idéia candidata a *p-prim*, e sim o fato de que essa idéia de simetria em particular é intuitivamente atraente. A hipótese do autor é a de que nesses casos em que não se pode ter nenhuma experiência direta com os fenômenos e a aprendizagem é mediada por modelos apresentados em sala de aula, existe algum padrão de pensamento intuitivo que permite a atribuição de significado ao modelo. Esse padrão de pensamento é que tem características de *p-prims*.

Taber K. S. (2008) acredita que as pessoas tenham certa predisposição para interpretar as informações de acordo com certos padrões, que podem ser construídos a partir da aprendizagem escolar. O estudante experimenta o padrão, atribuindo explicações novas a muitas outras situações. Esse processo pode levá-lo a novas concepções, que podem então ser aplicadas e postas em prática como recursos conceituais.

Outro exemplo descrito por Taber K. S. (2008) aponta algumas idéias que aparecem nas explicações de estudantes secundários do Reino Unido, sobre fenômenos relacionados a misturas, dissolução e reação química como candidatos a p-prims (García Franco & Taber, 2006). Os resultados desse estudo sugerem um grande número de padrões de explicações que, segundo os autores parecem ser candidatos a p-prims.

Como exemplo Taber K. S. (2008) relatou que ao analisar um processo de reação entre dois reagentes, os estudantes, de um modo geral, atribuíram a um dos reagentes a "causa ativa" da reação, enquanto o outro era um agente passivo do processo. A idéia foi relacionada com a tentativa de identificar um agente externo responsável por causar a mudança química.

Outros candidatos a p-prims apontados pelo autor foram relacionados aos processos de difusão, de mistura ou de evaporação. Esses processos podem ser explicados em termos de energia interna e movimento das partículas. Mas, os estudantes, obedecendo ao mesmo padrão anterior, atribuíram causas externas para esses fenômenos.

De acordo com Taber K. S. (2008), um p-prim é um elemento do conhecimento pré-consciente e por isto não é possível identificá-lo diretamente. Assim, um p-prim só pode ser identificado por meio de inferências, a partir das concepções apresentadas pelos estudantes. O autor sugere que a identificação de p-prims pode contribuir para investigações sobre as idéias dos estudantes presentes na memória de trabalho, ou de como os p-prims influenciam as interpretações iniciais dos estudantes, quando estes são expostos a uma experiência nova.

diSessa (2002) e Taber K. S. (2008) sugerem que esse modelo de conhecimento definido em termos de p-prims pode ser aplicado tanto para

interpretar dados sobre conceitos e concepções de estudantes, como também para identificar estruturas mais complexas de conhecimento. Acreditamos que essa teoria tenha um grande potencial para nos ajudar nas interpretações dos dados e explicação dos resultados obtidos nesta investigação, que serão apresentados nos capítulos V e VII.

### **Capítulo III – Análise de Protocolo: método de coleta de dados cognitivos.**

De acordo com Ericsson (2002 e 2006), no final do séc. XIX, a Psicologia emergiu como parte da Ciência e o seu maior interesse estava no conhecimento sobre a consciência humana. Durante muito tempo, os psicólogos buscaram examinar os elementos das experiências subjetivas de pensamentos por análise introspectiva. Mas, os métodos introspectivos foram desacreditados, por causa de suas supostas limitações teóricas. Desse modo, as descrições introspectivas passaram a ser rejeitadas como evidências científicas.

Ainda segundo Ericsson, a rejeição da introspecção fez com que o estudo sobre o pensamento não tivesse muito avanço até os anos 1950, quando as inovações tecnológicas relacionadas ao processamento de informações e a computação levaram ao aparecimento de teorias cognitivas sobre os fenômenos psicológicos. Com essa nova abordagem do estudo de processos de pensamento, os temas e questões de interesse da pesquisa passam a ser investigados com o uso de protocolos de coleta e análise de dados baseados no método de “pensar em voz alta”.

A revolução cognitivista dos anos 1960 renovou o interesse pelos processos cognitivos e, fez crescer o interesse pelo conhecimento sobre como o pensamento permite aos indivíduos gerar soluções para tarefas novas. As teorias cognitivas podem contribuir para a descrição de como os indivíduos podem aplicar um conhecimento adquirido anteriormente a novos problemas, ou para executar novos procedimentos.

### **III.1 – O Método de “Pensar em Voz Alta”.**

De acordo com Ericsson & Simon (1993), nos primeiros anos da psicologia, final do século XIX e início do XX, se desenvolveram os métodos de coleta de dados por introspecção. Esses métodos se baseavam na idéia de que seria possível observar os pensamentos. O princípio metodológico para coleta de dados por introspecção era o treinamento de psicólogos para a observação direta da mente e interpretação do pensamento. Mas, esses métodos foram considerados como não-científicos e para obtenção de dados sobre a mente, passaram a ser exigidos métodos mais rigorosos e sistemáticos.

As principais críticas aos métodos introspectivos partiram de psicólogos da Gestalt. Os behavioristas acreditam que a finalidade da psicologia era a previsão e o controle do comportamento. Assim, a introspecção não poderia fazer parte dos seus métodos, pois consideravam que toda interpretação da consciência era artificial. Mas, segundo Ericsson & Simon (1993), foi justamente o behaviorista Watson (1920) que abriu caminho para o desenvolvimento do método de pensar em voz alta, desenvolvido pelos autores em 1980.

Watson (1920) desenvolveu um estudo sobre os primeiros hábitos de fala infantil e observou que as crianças desenvolvem um tipo de fala que ele denominou de “sub-vocal”. Esse tipo de fala se refere a um tipo de pensamento em voz alta. Ele observou e estudou os processos de fala das crianças quando estão sozinhas. Para ele, essa fala não seria comunicativa, mas um tipo de pensamento em voz alta.

Segundo Watson (1920), esse comportamento infantil de pensar em voz alta é reprimido socialmente ao longo do desenvolvimento das pessoas. Entretanto, os adultos ainda guardam resquícios desse comportamento, pois podemos perceber um movimento labial enquanto as pessoas lêem silenciosamente. As pessoas adultas também assumem um comportamento estudado por Watson em crianças, que é o sussurro. É comum que um adulto

balbucie palavras e frases, enquanto resolve algum problema ou está preocupado em resolvê-lo.

De acordo com Ericsson (2006), do ponto de vista metodológico, parece que Watson (1920) já admitia que o pensamento pudesse ser estudado pedindo-se para o sujeito pensar em voz alta. A natureza do processo de pensar em voz alta diante de uma situação problemática ou durante a realização de uma tarefa é semelhante a uma fala interna, de acordo com Ericsson & Simon (1993 e 1998). E, assim como Watson, eles chamaram essa fala interna de pensamento. Desse modo, o protocolo de análise foi desenvolvido, com base nesse comportamento de pensar em voz alta, observado nos humanos.

De acordo com Ericsson (2002, 2006), o psicólogo Karl Duncker (1945) estabeleceu o método de pensar em voz alta como o seu principal método. E, Van Someren et. al. (1994) dizem que resultados interessantes com o uso desse método foram obtidos por Duncker (1945) e por De Groot (1946 e 1965). Duncker analisou processos de resolução de problemas, reconstruindo explicações para uma sucessão de possíveis soluções, em termos da memória. De Groot estudou os passos usados por especialistas em xadrez enquanto jogavam, descrevendo o refinamento de um plano progressivo de aplicação de conceitos e princípios.

Essa idéia do uso de relatos de pensamento em voz alta também foi aplicada por Newell e Simon (1972), para construção de modelos computacionais. Esses modelos tinham como objetivo reproduzir os aspectos observáveis do desempenho humano em tarefas bem definidas pela aplicação de procedimentos explícitos. Por exemplo, a montagem de um quebra cabeças ou a multiplicação mental de qualquer combinação numérica.

A partir de década de 1980, no arcabouço teórico do desenvolvimento computacional, “pensar em voz alta” conduziu a um novo tipo de relato verbal do pensamento que difere dos métodos introspectivos empregados anteriormente. Esse método passou a ser central em uma metodologia rigorosa para extrair relatos verbais de seqüências de pensamento, como

uma fonte de dados sobre o pensamento, denominada “análise de protocolo”. Ericsson & Simon (1993 e 1998).

Ericsson & Simon (1980) propõem o método de pensar em voz alta como uma ferramenta de coleta de dados. Como exemplo de pensamento humano que pode contribuir para a produção de sistemas computacionais, Ericsson & Simon (1993) relatam processos de multiplicação de dois números de dois dígitos. Para multiplicar 24 por 36, vários processos diferentes poderiam ser descritos. Dois exemplos de processos descritos pelos autores foram: O primeiro,  $20 \times 36 = 720$  e  $4 \times 36 = 144$ . Somando  $720 + 144 = 864$ . O segundo processo, mais elaborado, foi:  $(30 - 6) \times (30 + 6) = 30^2 - 6^2 = 900 - 36 = 864$ .

De acordo com Ericsson & Simon (1993), a maioria dos adultos tem um conhecimento matemático limitado. Os adultos em geral sabem os fatos da multiplicação e o procedimento padrão para resolver problemas de “lápiz e papel”, aprendidos na escola. Assim, segundo os autores, é possível prever como as pessoas fariam a maior parte desses cálculos.

Os autores dizem que ao pedir uma pessoa para pensar em voz alta enquanto fazem cálculos, algumas de suas verbalizações parecem corresponder a um tipo de fala interna, que teria permanecido inaudível em outra situação. Um dos protocolos obtidos pelos autores em seus testes, a partir da multiplicação de 36 por 24 foi: *36 (silêncio) 24, um, 4 (silêncio) 6 é 24, 4 vão 2, 4 (silêncio) 3 é 12, 14, 144, 0, 2 (silêncio) 6 é 12, 2, vai 1,2 (silêncio) 3 é 5, 7, 720, 144 mais 720, assim seria 4, 6, 864.*

Para entender a produção desses protocolos, testamos o mesmo exemplo com dois adolescentes, separadamente. Pedimos aos adolescentes que fizessem o cálculo sem usar papel e lápis e que fossem falando em voz alta o que estavam pensando durante os cálculos. O relato de pensamento em voz alta dos adolescentes foi gravado e a transcrição e interpretação foram apresentadas nos quadros 3 e 4.

Os pequenos intervalos de silêncio estão representados por (...). Na interpretação dos relatos, em lugar dos silêncios, coloco minhas inferências sobre o pensamento do adolescente.

**Quadro 3:** Transcrição e interpretação de um relato de pensamento – Exemplo 1.

Transcrição e interpretação do relato de pensamento em voz alta de um adolescente de 13 anos, multiplicando $24 \times 36$ .	
Transcrição	Interpretação
<p><i>Vou multiplicar assim: <math>6 \times 36</math> mais <math>4 \times 36</math>. (...) Não, é melhor por 4, depois por 2 e por 3. Assim, <math>4 \times 36</math> igual (...) <math>4 \times 6</math> é <math>24</math> é (...) é <math>144</math> (...) é (...) <math>\times 3</math> é <math>4 \times 3</math> é <math>12</math> vai 1 é (...) <math>32</math> vai 1 é (...) <math>432 \times 2</math> (...) é (...) igual <math>864</math>.</i></p>	<p><b>Relato:</b> _ Vou multiplicar assim: <math>6 \times 36</math> mais <math>4 \times 36</math>. (Decompõe 24 em números menores <math>4 \times 2 \times 3</math>)  <b>Relato:</b> _ Não, é melhor por 4, depois por 2 e por 3. Assim, <math>4 \times 36</math> igual  (Organiza mentalmente o número como fazemos no papel)  <b>Relato:</b> _ <math>4 \times 6</math> é <math>24</math> é  (Continua mentalmente: vão 2. <math>4 \times 6</math> é <math>12 + 2 = 14</math>, então é <math>144</math>)  <b>Relato:</b> _ é <math>144</math>  (pensa em multiplicar por 3)  <b>Relato:</b> _ é  (organiza mentalmente o número como no papel. <math>144 \times 3</math>)  <b>Relato:</b> _ <math>\times 3</math> é <math>4 \times 3</math> é <math>12</math> vai 1 é  (repete mentalmente, <math>3 \times 4 = 12 + 1 = 13</math>. Fica 32 e vai 1)  <b>Relato:</b> _ <math>32</math> vai 1 é  (continua: <math>3 \times 1 = 3 + 1 = 4 = 432</math>)  <b>Relato:</b> _ <math>432 \times 2</math>  (Organiza a multiplicação mentalmente, como no papel.)  <b>Relato:</b> _ é  (<math>2 \times 2 = 4</math>; <math>2 \times 3 = 6</math> e <math>2 \times 4 = 8</math>, então = <math>864</math> ou, mentaliza o dobro de <math>432 = 864</math>)  <b>Relato:</b> _ igual <math>864</math>.</p>

As diferentes soluções para encontrar o mesmo resultado, que foram descritas pelos dois adolescentes nos ajudaram a compreender o método de pensar em voz alta como dado de pensamento. Segundo Ericsson & Simon (1993), esse tipo de dado torna possível ao pesquisador conhecer diferentes processos mentais, ou diferentes pensamentos que conduzem as soluções de um problema. Estes exemplos nos indicam que os relatos verbais nos permitem conhecer as escolhas feitas pelo sujeito durante a resolução de um problema.

A partir dessa idéia de que é possível descrever o pensamento, Ericsson e Simon (1993) afirmam que em relatos verbais, se os sujeitos verbalizarem pensamentos gerados durante a execução de uma tarefa, pensando em voz alta sobre uma questão, algumas das suas verbalizações parecem corresponder a uma “fala interna”, que normalmente não apareceria na explicação da solução de um problema. Também podem aparecer pensamentos não verbalizados, que são indicados por expressões e sinais típicos.

**Quadro 4:** Transcrição e interpretação de um relato de pensamento – Exemplo 2.

Transcrição e interpretação do relato de pensamento em voz alta de um adolescente, de 15 anos, multiplicando $24 \times 36$ .	
Transcrição	Interpretação
<p>(Aaaa) <math>24 \times 36</math> é por 10 é fácil            (...) é (...) <math>24 \times 10</math> igual 240            mais 240 mais 240 igual é 0            (...) igual 12 é (...) igual <math>720 + 6 \times 24</math> igual (...) espera aí (...) <math>6 \times 4</math> é 24 (...) vão 2 igual é (...) 144 (...) mais quanto mesmo? Mais (...) é (...) 720 é igual (eeeé) 864.</p>	<p>(O adolescente organiza a multiplicação mentalmente, como fazemos no papel)  <b>Relato:</b> _ <math>24 \times 36</math> é por 10 é fácil            (Decompõe mentalmente o número 36 em <math>10 + 10 + 10 + 6</math>)  <b>Relato:</b> _ é            (Organiza a multiplicações e somas. <math>24 \times 10 + 24 \times 10 + 24 \times 10 + 24 \times 6</math>)  <b>Relato:</b> _ <math>24 \times 10</math> igual 240 mais 240 mais 240 igual é 0            (Organiza a soma de <math>240 + 240 + 240</math>, número sobre número. Inicia a soma pela direita. <math>0 + 0 + 0 = 0</math> depois <math>4 + 4 + 4 = 12</math>)  <b>Relato:</b> _ igual 12 é            (continua mentalmente a soma: 12, vai 1. <math>2 + 2 + 2 = 6 + 17 = 740</math>)  <b>Relato:</b> _ igual <math>720 + 6 \times 24</math> igual            (Organiza a multiplicação de <math>24 \times 6</math>)  <b>Relato:</b> _ espera aí            (Multiplica mentalmente: <math>6 \times 4 = 24</math>)  <b>Relato:</b> _ <math>6 \times 4</math> é 24            (<math>6 \times 4</math> é 24, vão 2)  <b>Relato:</b> _ vão 2 igual é            (<math>6 \times 2 = 12 + 2 = 14 = 144</math>)  <b>Relato:</b> _ 144            (Pensa na parcela que tem que somar)  <b>Relato:</b> _ mais quanto mesmo? Mais            (Lembra: 720)  <b>Relato:</b> _ é            (Organiza mentalmente a soma. <math>720 + 144</math>)  <b>Relato:</b> _ 720 é igual            (Ele faz a soma como se faz no papel. <math>4 + 0 = 4</math>; <math>2 + 4 = 6</math> e <math>7 + 1 = 8 = 864</math>)  <b>Relato:</b> _ 864.</p>

As diferentes soluções para encontrar o mesmo resultado, que foram descritas pelos dois adolescentes nos ajudaram a compreender o método de pensar em voz alta como dado de pensamento. Segundo Ericsson & Simon (1993), esse tipo de dado torna possível ao pesquisador conhecer diferentes processos mentais, ou diferentes pensamentos que conduzem as soluções de um problema. Estes exemplos nos indicam que os relatos verbais nos permitem conhecer as escolhas feitas pelo sujeito durante a resolução de um problema.

A partir dessa idéia de que é possível descrever o pensamento, Ericsson e Simon (1993) afirmam que em relatos verbais, se os sujeitos verbalizarem pensamentos gerados durante a execução de uma tarefa,

pensando em voz alta sobre uma questão, algumas das suas verbalizações parecem corresponder a uma “fala interna”, que normalmente não apareceria na explicação da solução de um problema. Também podem aparecer pensamentos não verbalizados, que são indicados por expressões e sinais típicos.

Outras possibilidades de relatos de pensamento, que são do interesse dessa investigação, podem ocorrer durante a execução de atividades experimentais de ciências, ou atividades práticas. A partir de relatos de pensamento nesse contexto, é possível fazer inferências sobre o conhecimento mobilizado pelo aluno durante o processo e, sobre o que o aluno aprende enquanto desenvolve a atividade. As diversas situações descritas durante a execução de uma tarefa conduzem a pensamentos que podem aproximar o estudante dos conceitos relacionados ao experimento.

Segundo Ericsson e Simon (1993) o relato verbal está além dos processos de introspecção porque a partir deles é possível inferir sobre os processos que controlam a criação de novos pensamentos. Os autores afirmam que “pensar em voz alta” não altera o desempenho do sujeito porque isso não requer processos cognitivos adicionais além daqueles mobilizados naquela situação específica.

Pensar em voz alta não é o mesmo que descrever uma situação ou um evento, o sujeito não tem que refletir sobre o que está fazendo, mas sim verbalizar o que está pensando. No entanto, se o sujeito precisa falar e ao mesmo tempo executar as ações, o processo pode demorar um pouco mais para ocorrer, e por isto Ericsson e Simon (1993) recomendam que o sujeito faça uma espécie de “treinamento” preliminar, executando tarefas e pensando em voz alta ao mesmo tempo.

A idéia imediata a que o termo treinamento se refere é a de um processo de repetição de determinado procedimento até que o desempenho do sujeito na execução de tal procedimento fique ótimo. Nesse sentido, falar em treinar o aluno para pensar em voz alta parece ter como pressuposto que sabemos à priori o que ele deve pensar e então podemos treiná-lo até que o seu pensamento fique ótimo. Esta interpretação não parece adequada, uma

vez que o que se pretende a partir dos protocolos de verbalização é conhecer diferentes modos de pensar sobre o mesmo problema a partir de relatos de pensamentos.

No método de análise de protocolo verbal, treinar para pensar em voz alta pode ser compreendido como uma espécie de combinado que é feito com os sujeitos dos quais pretendemos relatar os pensamentos. Combinamos com eles que devem executar algumas tarefas simples e ao mesmo tempo relatar o seu pensamento, sem descrever a ação. E antes de iniciar a efetiva coleta de dados, ensaiamos dois ou três procedimentos simples. O objetivo desse exercício é aproximar o tempo de fala do tempo do pensamento a fim de não alterar muito o tempo da ação. É um tipo de treinamento semelhante aos que antecedem um teste psicotécnico.

Segundo Van Someren et. al. (1994), o método de introspecção criou alguns problemas teóricos e metodológicos para o desenvolvimento da psicologia cognitiva. Um problema teórico teria sido o modelo de introspecção como percepção dos conteúdos da consciência. Este modelo faz uma separação entre os processos internos da consciência e a introspecção. Para esses autores, o método do pensamento em voz alta deve ser entendido como um processo simples de verbalização do pensamento, no qual somente os conteúdos da memória de funcionamento são verbalizados, não se trata de observar e interpretar um processo cognitivo complexo.

De acordo com Van Someren et. al. (1994), um problema metodológico com consequências práticas para o uso de coleta de dados cognitivos por introspecção é que, os dados de pesquisa são os eventos que acontecem na consciência do sujeito. Assim, estes dados são acessíveis a um único observador, que também executa o processo de pensamento. Isto impossibilita a reprodução desses estudos, o que limita o método de introspecção como método para a coleta de dados.

Van Someren et. al. (1994) dizem que, a limitação do método de introspecção não se justifica da mesma maneira no método do pensamento em voz alta por duas razões: a primeira porque pensar em voz alta é um processo de verbalização muito simples e, portanto, o relato do pensamento

feito pelo sujeito enquanto realiza uma ação é um dado primário, não é uma interpretação do pensamento do sujeito. A segunda razão diz respeito a acessibilidade dos dados. Os protocolos verbais como dados podem ser acessíveis a qualquer um, o que torna o método mais objetivo.

O principal avanço metodológico do método do pensamento em voz alta em relação aos métodos introspectivos anteriores foi o de tratar os relatos verbais de pensamento como dados, em vez de tratá-los como processos da consciência. A vantagem é que estes dados podem ser disponibilizados para a inspeção e interpretação de outros investigadores, o que aumenta a sua validade e credibilidade.

Os protocolos de relatos verbais são usados para investigar processos cognitivos em muitas áreas, tais como psicologia, ciência cognitiva e também na educação. Os relatos verbais de pensamento como elicitación de procedimentos como dados têm aumentado significativamente a sua importância para elucidar ou tornar mais claros processos cognitivos internos empregados por estudantes durante a realização de atividades didáticas. A literatura aponta Ericsson & Simon (1993) e Pressley & Afflerbach (1995), que mostram diferentes métodos de extrair relatos verbais de pensamento.

Vários estudos na última década tentaram construir teorias a partir de investigações empíricas sobre o papel da consciência e da atenção em sala de aula, usando o protocolo de pensamento em voz alta. Leow Ronald P e Morgan-Short Kara (2004), a partir de uma investigação sobre o estudo de língua estrangeira, em uma classe de espanhol nos Estados Unidos, usaram o protocolo de relato verbal de pensamento para coleta de dados enquanto os estudantes realizavam uma atividade e ao mesmo tempo pensavam em voz alta.

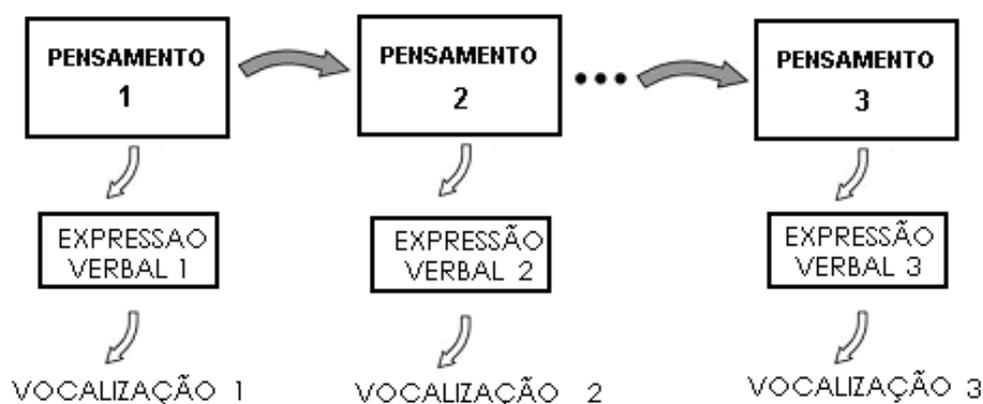
Os relatos verbais de pensamentos podem ser categorizados como introspectivos e retrospectivos, de acordo com Ericsson & Simon (1993). Na verbalização retrospectiva, o pesquisador pode pedir informações específicas, tais como um raciocínio ou uma explicação. Nesse caso, os estudantes produzem um relato metacognitivo, no qual eles pensam sobre o seu processo de verbalização. Nas verbalizações introspectivas, os

estudantes pensam em voz alta durante a realização da tarefa, nesse caso eles apenas expressam os seus pensamentos secundários sem explicar.

Para Ericsson & Simon (1993), a distinção entre as verbalizações introspectivas e retrospectivas é que a primeira se caracteriza por ser como uma auto-observação e a segunda por ser como uma auto-revelação. Na verbalização introspectiva o participante está ao mesmo tempo executando uma atividade e verbalizando o que pensa. Na entrevista, após a conclusão da atividade, ocorre verbalização retrospectiva.

A análise de protocolo desenvolvida por Ericsson e Simon (1993), é uma metodologia para extrair sucessões de relatos verbais como uma fonte válida de dados de pensamentos. Ericsson (2006) diz que durante a execução de uma tarefa, as pessoas verbalizam pensamentos espontâneos, que são determinados por expressões verbais. Algumas dessas verbalizações são claras e outras não.

A Figura 2 representa um esquema usado por Ericsson (2006) para ilustrar a sucessão das verbalizações de pensamentos, que são determinadas por expressões verbais. Algumas dessas verbalizações que ocorrem durante a execução de uma tarefa, correspondem a pensamentos que normalmente não seriam revelados verbalmente, em outra situação. Mas, usando o protocolo de coleta de pensamento em voz alta, esses pensamentos podem ser determinados por expressões verbais, palavras ou frases curtas que têm significados naquele contexto.



**Figura 2: Sucessão de Pensamentos e Expressões Verbais. Ericsson (2006).**

O esquema da figura 2 representa as sucessões de relatos verbais que expressam as sucessões de pensamentos que ocorrem durante a realização de uma tarefa. Considerando cada verbalização como um evento de pensamento, então, é possível reconstruir episódios de pensamento a partir desses eventos.

Ericsson e Simon (1993) argumentam que há uma estreita conexão entre pensamentos reais e relatos verbais quando uma pessoa, convidada a pensar em voz alta, verbaliza pensamentos espontâneos durante a realização da tarefa. De acordo com esses autores, algumas das verbalizações que aparecem nos relatos, parecem corresponder a uma mera *vocalização* ou um “discurso interior”, que em outras circunstâncias seria inaudível.

Para Ericsson (2006), expressões verbais são verbalizações do pensamento que dão sentido ao relato verbal. Nesse contexto, vocalizações são verbalizações não explícitas, marcadas por breves expressões verbais que o sujeito expressa enquanto pensa, mas antes de concluir e organizar o pensamento. Esse tipo de verbalização pode não fazer sentido para um observador, num primeiro momento. Mas elas são importantes para as inferências que o pesquisador faz, a partir das quais é possível reconstruir o relato de pensamento do sujeito.

Como exemplo do uso de vocalizações para a construção de inferências, fizemos a transcrição e interpretação dos relatos de pensamento em voz alta de dois adolescentes multiplicando  $24 \times 36$ . A reconstrução desses relatos apresentados nos quadro 3 e 4 mostram expressões tais como: *eeeé; espera aí...; mais 240 igual é 0*, entre outras. Essas expressões não fazem sentido fora do contexto, mas, mesmo no relato, precisam ser interpretadas pelo investigador para fazer sentido.

Segundo Ericsson (2006), muitos trabalhos de cientistas cognitivos têm mostrado que as vocalizações aparecem principalmente em verbalizações de novatos, mas também aparecem nos relatos de especialistas quando estes enfrentam problemas novos. Uma vez interpretadas, essas verbalizações permitem a reconstrução de processos de pensamento durante o desempenho das tarefas.

A análise de protocolo tem sido usada pela psicologia cognitiva tradicional e ciência cognitiva por pesquisadores sobre desenhos de inquéritos, aprendizagem de segunda língua, compreensão de texto e desenvolvimento de softwares. De acordo com Ericsson (2006), o uso do “pensar em voz alta” em diversos trabalhos da área de psicologia cognitiva levou ao acúmulo de evidências de que o método de análise de protocolo é uma ferramenta que permite aos pesquisadores identificar informações sobre o pensamento. Esse método tornou-se uma alternativa para os métodos problemáticos da Psicologia da Introspecção.

Segundo Ericsson (2006), os relatos de pensamentos obtidos por meio dos protocolos de análise revelam a complexidade e a diversidade dos mecanismos mediadores dos processos cognitivos de um especialista durante o desempenho de uma tarefa. O desafio dos pesquisadores é capturar a essência da experiência do especialista em determinado domínio e desenvolver métodos que permitam reproduzir o melhor desempenho sob condições controladas. Por exemplo, reproduzir jogadas brilhantes de um campeão de xadrez em jogo de tabuleiro, em um programa de computador.

Para Ericsson (2006), o conhecimento sobre os mecanismos importantes que são responsáveis pela superioridade do desempenho de um especialista na realização de uma tarefa pode ser aplicado para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da formação para determinada prática. Da mesma maneira, nós acreditamos que o conhecimento sobre os mecanismos do pensamento de aprendizes, no desempenho das atividades práticas, também poderá nos ajudar a entender o desenvolvimento das idéias e da possível evolução conceitual dos estudantes nesse domínio específico.

## Capítulo IV – Metodologia: contexto da pesquisa e procedimentos para coleta e análise dos dados.

Neste capítulo apresentaremos uma descrição da pesquisa, desde a preparação para a coleta dos dados, até as diversas etapas de análise. Também faremos uma descrição do contexto em que os dados foram coletados e das características dos sujeitos que participaram dessa investigação, assim como as características da pesquisa e as condições em que ela foi desenvolvida.

Para a coleta de dados, utilizamos dois métodos: o primeiro foi o protocolo de relatos verbais de pensamento desenvolvido por Ericsson & Simon (1993), que já foi descrito no capítulo III. A coleta de dados para este trabalho, que foi baseada nesse método será descrita detalhadamente neste capítulo.

O segundo método para a coleta de dados foi uma entrevista, que chamamos de *entrevista episódica* e que foi inspirada em dois métodos de entrevista da psicologia cognitiva: a *Entrevista Retrospectiva*, desenvolvida por Ericsson & Simon (1993 e 1998) e a *Entrevista de Explicitação*, desenvolvida por Vermesch (1994 e 1999) e descrita nos trabalhos de Wykrota, J. L. M. & Borges, O. N. (2003 e 2004); Wykrota, J. L. M. (2007). Os métodos de entrevistas que inspiraram essa entrevista episódica, assim como a entrevista que fizemos, serão descritos neste capítulo.

Os principais dados analisados neste trabalho foram os relatos gravados em áudio, obtidos pelo método de “pensar em voz alta”, feitos pelos estudantes durante as atividades práticas. Inicialmente, foi feita uma pré-análise dos áudios, com várias rodadas de escuta. Nessa pré-análise, observamos que os estudantes usaram o tempo da atividade de diferentes maneiras, mas de um modo geral, dedicavam mais tempo aos procedimentos do que ao conhecimento envolvido na tarefa.

A partir do que foi observado, sentimos necessidade de separar as partes do áudio nas quais pudéssemos verificar os relatos de ações e pensamentos que esperávamos encontrar. Para tal, fizemos uma demarcação do tempo das atividades gravadas em *procedimentos*; *conceitos*

relacionados aos procedimentos e tempo de *conversa paralela* no grupo. Essa demarcação de tempo gerou gráficos de percentuais de tempo da tarefa, contendo informações sobre como os estudantes usaram o tempo das atividades.

Posteriormente, separamos as partes dos áudios nas quais identificamos algum indício de relato de ações e pensamentos, procurando identificar também os conceitos mobilizados pelos estudantes durante as atividades. Chamamos cada ocorrência de mobilização de conceitos de *evento de pensamento* e contamos o número de eventos para cada conceito. Em uma análise mais refinada, buscamos identificar em que nível tais conceitos foram mobilizados. Neste capítulo será descrito o processo de preparação dessa análise e a análise propriamente dita será descrita no capítulo V.

Os eventos de pensamento relacionados aos conceitos também geraram gráficos contendo informações sobre os conceitos priorizados pelos estudantes durante o desenvolvimento das atividades. Essa informação nos possibilitou fazer inferências sobre a compreensão ou a maneira de ver o experimento dos estudantes.

A partir dessas idéias, procuramos construir episódios a respeito de uma possível evolução conceitual que tenha ocorrido durante os eventos observados, fazendo inferências sobre os possíveis pensamentos ocorridos nesses eventos. Todos os referenciais teóricos para essas análises foram descritos no capítulo II desta tese. E, essas análises serão descritas detalhadamente no capítulo V.

#### ***IV.1 – Características da Pesquisa.***

Esta pesquisa foi conduzida no campo dos estudos exploratórios, que utilizam métodos descritivos e interpretativos e, que têm como finalidade o refinamento dos dados e o desenvolvimento de hipóteses e inferências. Os estudos exploratórios são indicados para a investigação de fenômenos

complexos, podendo fornecer um conhecimento qualitativo autêntico para compreensão dos problemas investigados. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), este tipo de investigação descritiva se aplica às pesquisas na área social, incluindo a educação e requer a presença do investigador no contexto de investigação. Os fenômenos estudados nesta investigação foram relacionados aos processos de aprendizagem escolar em Química, no domínio particular do trabalho prático ou experimental.

O principal método usado para a coleta de dados deste trabalho foi o Protocolo Verbal ou “Pensar Alto”, já descrito no capítulo II. O registro dos dados primários obtidos a partir desse método foi feito por meio de gravações em áudio. A pesquisadora também fez registros escritos de suas observações sobre os eventos estudados, enquanto os estudantes realizavam as atividades experimentais. Tais registros foram usados para auxiliar na exploração, interpretação e tratamento dos dados, além da construção de inferências, produção de relatos dos episódios e formulação dos resultados.

Os áudios gravados durante as atividades experimentais foram usados para gerar dados secundários e terciários. Os dados secundários foram obtidos pela distribuição do tempo da atividade e os terciários, foram pequenos áudios contendo relatórios verbais dos estudantes já categorizados, segundo as características observadas pela pesquisadora. Esses pequenos áudios possibilitaram a identificação dos conceitos mobilizados pelos estudantes durante a realização das atividades. E, a partir das descrições dos episódios procuramos identificar indícios de possíveis pensamentos dos estudantes, que podem levar a aprendizagem nesse domínio específico.

Neste contexto particular, o Protocolo Verbal foi uma metodologia de coleta de dados de primeira pessoa<sup>1</sup>. Trata-se de uma metodologia de coleta de dados introspectivos, que consiste da verbalização de ações e de

---

<sup>1</sup> Metodologia de primeira pessoa é aquela em que o observador e o narrador é também o sujeito pesquisado. As verbalizações introspectivas se caracterizam por serem auto-observações, nas quais o participante está ao mesmo tempo executando uma atividade e verbalizando o que pensa. Ericsson & Simon (1993).

pensamentos que ocorreram durante um processo. De acordo com Ericsson & Simon (1993), esse tipo de verbalização feita em concorrência com a ação, pode revelar um tipo de pensamento que se encontra na memória de trabalho ou, memória de curto termo.

As entrevistas que foram feitas após a realização das atividades, também geraram um tipo de dado primário por verbalização retrospectiva, mas estas se referem às descrições de situações específicas dos experimentos, que os estudantes haviam feito, anteriormente. Nesse tipo de protocolo verbal, os pensamentos não estão apenas na memória de trabalho, e por isto podem revelar a percepção do sujeito sobre um processo vivenciado anteriormente. O uso de elementos da entrevista de explicitação foi feito para tentar acessar as idéias dos estudantes no momento da ação.

Essa investigação foi realizada em várias etapas, tanto para a coleta como para a análise dos dados, colhidos em duas escolas, sendo uma da rede estadual de ensino e a outra particular. Cada etapa da coleta de dados teve uma finalidade e por isto demandou uma metodologia própria. Os dados obtidos a partir de cada etapa, depois de diversas análises, geraram os resultados obtidos nessa investigação.

Para interpretar os dados foi feita a análise de conteúdo dos áudios. Os critérios de escolha e delimitação que orientaram o estabelecimento de categorias e subcategorias para realização da análise foram relacionados ao objeto da pesquisa. Nesse sentido, a partir dos relatos de ações e pensamentos dos estudantes, gravados em áudio, buscamos identificar indícios de alguma evolução conceitual.

## ***IV.2 – Contexto da Investigação***

A pesquisa foi realizada em duas escolas, sendo uma da rede pública e outra da rede particular de ensino, as quais foram chamadas de **Escola I** e **Escola II**, respectivamente. A escolha dessas escolas foi determinada pela oportunidade de aproveitar algumas atividades desenvolvidas em grupos, com alunos do ensino médio de uma turma em cada escola, durante a

aplicação de um projeto de ensino. O Projeto<sup>2</sup> “Água em FoCo: Qualidade de Vida e Cidadania” foi colocado em prática em oito escolas de Belo Horizonte durante o ano de 2007. Outros detalhes sobre o desenvolvimento do Projeto serão relatados no decorrer deste capítulo.

As Escolas I e II foram escolhidas para esta investigação por estarem engajadas num projeto, cujo planejamento previa a realização de atividades práticas, que poderiam oferecer dados para a nossa pesquisa. Além disso, a pesquisadora tinha facilidade de acesso a ambas as escolas, o que facilitou o processo. E também, embora a comparação entre as escolas não fosse objeto desta pesquisa, o fato delas oferecerem contextos bastante diferentes contribuiu para a diversidade de possibilidade de análise dos dados.

Na Escola II, além da coleta de dados durante a aplicação do projeto, também foi feita uma segunda coleta de dados, enquanto os alunos desenvolviam, individualmente, atividades práticas do livro didático. As atividades desenvolvidas por esses alunos faziam parte do planejamento curricular da turma durante o ano de 2008. Tanto as atividades desenvolvidas em grupo durante o Projeto Água em FoCo, como as atividades desenvolvidas individualmente, serão descritas no decorrer deste capítulo.

Nas duas escolas, participaram do contexto da investigação, além dos estudantes, os estagiários que aplicaram as atividades do Projeto Água em FoCo, que eram alunos do curso de Licenciatura em Química da UFMG. Esses estudantes estavam realizando o seu trabalho final da disciplina de Prática de Ensino de Química. Também estiveram presentes os professores das turmas, a pesquisadora e, algumas vezes, o coordenador do projeto.

---

<sup>2</sup> O projeto "Água em Foco: qualidade de vida e cidadania" tem a proposta de analisar e discutir sobre a qualidade da água de corpos d'água em ambientes urbanos. Este projeto tem sido utilizado na formação inicial e continuada de professores de química e biologia na UFMG, dentro do Programa FoCo - Formação Continuada de Professores de Ciências da Natureza. Com cursos que duram dois anos, o FoCo possibilita a reflexão coletiva do professor sobre sua prática ao mesmo tempo que procura capacitá-lo a utilizar metodologias e recursos que estimulam a participação e o diálogo dos alunos com a ciência e a cultura. O objetivo do Projeto é produzir conhecimento sobre a qualidade da água de alguns córregos e lagoas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Para isso, os alunos de cada escola participante coletam amostras e analisam, ainda no campo, os seguintes parâmetros físico-químicos da água: temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, pH e condutividade elétrica. Isso possibilita uma análise sobre a qualidade da água de vários córregos e lagoas da região metropolitana de Belo Horizonte, permitindo ao aluno verificar a relação entre os seus problemas ambientais locais e aqueles de uma metrópole globalizada.

*Registro da videoconferência com o coordenador do Projeto, Eduardo Fleury Mortimer realizada, na PUC MG no dia 23 de março de 2007: "Água em foco: qualidade de vida e cidadania na formação de professores"*

Na Escola I, as aulas foram ministradas por dois estagiários, sendo um do sexo feminino e outro masculino. A professora de Química dessa turma esteve ausente durante a maior parte das aulas do projeto. A pesquisadora participou como observadora e colaboradora. Na Escola II, as aulas foram ministradas por três estagiários, sendo um do sexo feminino e dois do sexo masculino. Participaram das aulas como observadoras e colaboradoras, três professoras, de Biologia, Física e Química, sendo que a professora de Química era também a pesquisadora. A participação de um estagiário a mais nessa turma ocorreu por conta da incompatibilidade dos seus horários com os de outras escolas.

Nas duas escolas, as atividades do Projeto Água em FoCo foram aplicadas pelos estagiários. Assim, mesmo sendo também professora de Química da turma da Escola II, a participação da pesquisadora foi de colaboração e de observação. As atividades foram desenvolvidas pelos alunos em grupos e o processo foi relatado por um dos alunos do grupo e, esse relato foi gravado em áudio.

Na Escola II, as professoras de Biologia e Física participaram do processo porque, de acordo com o projeto pedagógico da escola, as aulas de ciências eram compartilhadas pelas três disciplinas, pois o trabalho pedagógico girava em torno de projetos de ensino. A participação das três ciências nessa aplicação do Projeto Água em FoCo permitiu que muitas atividades tivessem uma abordagem interdisciplinar. Mas, isto não interferiu diretamente nas atividades escolhidas para esta investigação, uma vez que tais atividades tratavam de experimentos específicos de química.

A coleta de dados para essa investigação ocorreu em dois períodos: primeiro a aplicação do Projeto Água em FoCo: qualidade de vida e cidadania, nas Escolas I e II, que aconteceu entre setembro a novembro de 2007. A segunda coleta de dados foi feita entre maio e julho de 2008, pela professora e pesquisadora, durante a aplicação de um conjunto de atividades práticas do livro didático na Escola II. Estes processos de coleta de dados serão detalhados neste capítulo.

### ***IV.3 – Características das Escolas.***

A Escola I pertence a Rede Estadual de Ensino e está localizada em uma área de fácil acesso para os estudantes de diferentes regiões de Belo Horizonte e da grande BH. A escola é bem equipada e bem conservada, contando com diversos espaços para realização de atividades diversificadas, tais como: laboratórios de ciências e de informática com computadores ligados à Internet; um laboratório de montagem de computadores; sala de multimídia; além de auditório com mais de 200 lugares e uma biblioteca. A grande procura por matrícula nessa escola indica que ela é bem conceituada pela comunidade.

A Escola II está situada em área nobre de Belo Horizonte e conta com uma infra-estrutura muito boa, que inclui espaços esportivos e de lazer. Possui três amplos laboratórios de ciências; laboratório de arte; laboratório de informática com computadores ligados à Internet; biblioteca; sala de multimídia; além de outros espaços. Em cada espaço, a escola conta com pessoal de apoio pedagógico, o que permite grande diversidade nas atividades de ensino. Além disto, as turmas na escola têm em média 25 alunos, o que possibilita o uso confortável dos espaços e também um bom atendimento aos alunos, tanto nos grupos como individualmente.

Ambas as escolas contam com espaços adequados para o desenvolvimento de atividades práticas, sendo que a Escola II conta com um espaço mais confortável para um número menor de alunos. A turma da Escola I tinha 37 alunos, enquanto a turma da escola II tinha 28 alunos, para um espaço maior. Além disto, a existência de um monitor no laboratório da Escola II possibilitou a aplicação das atividades individuais para a segunda coleta de dados, que não foi possível na Escola I.

### ***IV.4 – Características dos sujeitos que participaram da Investigação.***

Os sujeitos que participaram desse estudo foram estudantes de ensino médio com idade entre 15 e 18 anos. Durante a coleta de dados, participaram

das atividades, trinta e sete estudantes de uma turma da Escola I, sendo 32 alunas e 5 alunos. Participaram também 28 estudantes de uma turma da Escola II, sendo 16 alunas e 12 alunos. O primeiro registro de dados foi feito enquanto esses alunos e alunas realizavam, em grupos, atividades experimentais do Projeto Água em FoCo. E, posteriormente, fizemos outra coleta de dados enquanto 13 alunas e 8 alunos da Escola II realizaram, individualmente, experimentos sobre transformações químicas.

Embora todos os alunos e alunas tivessem idade regular para o ensino médio, entre 15 e 18 anos, na Escola I, todos os estudantes estavam cursando o 2º ano do ensino médio. Na Escola II, cujo regime não é seriado, os alunos de 15 a 18 anos estavam agrupados em uma só fase. Alguns desses alunos estavam iniciando o ensino médio e outros já haviam frequentado essa etapa da educação básica, um ou dois anos na própria escola, ou em outras escolas.

Por causa do agrupamento em fases, os estudantes da Escola II, embora na mesma turma, haviam estudado diferentes conteúdos de Química. Mas, uma boa parte do conteúdo relacionado às atividades trabalhadas no projeto, já havia sido estudada por todos os alunos. E, para as duas turmas, o contexto de aplicação do conhecimento químico, nesse projeto, era igualmente novo.

Em ambas as escolas os estudantes reagiram positivamente e de maneira semelhante à participação durante as atividades propostas, o que foi evidenciado pelo comportamento ativo durante o processo. Além de demonstrar envolvimento e interesse, todos os alunos assinaram e levaram para os seus pais assinarem um *termo*<sup>3</sup> *de consentimento livre e esclarecido*, permitindo o registro do desenvolvimento das atividades em áudio e vídeo. Para essa investigação foram usadas apenas as gravações em áudio.

---

<sup>3</sup> TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é um documento formal, que garante ao participante da pesquisa de que a sua integridade será preservada e a sua identidade será guardada em sigilo. O modelo de TCLE que foi assinado por todos os participantes desta investigação, encontra-se nos anexos.

#### ***IV.5 – Aplicação do Projeto Água em FoCo: Qualidade de Vida e Cidadania.***

O projeto foi realizado nas duas escolas entre setembro e novembro de 2007. As atividades do projeto foram distribuídas entre aulas de discussão sobre o tema com os alunos, aulas práticas sobre as medidas dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água e também um trabalho de campo para realização da análise da qualidade da água da Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte. Também foram realizadas entrevistas com a população do entorno da Lagoa. Ao final, os alunos participaram de um debate sobre a qualidade da água da Lagoa da Pampulha na Câmara Municipal de Belo Horizonte.

O projeto foi planejado para ser executado nas duas escolas envolvidas nessa pesquisa em 27 aulas, além de algum tempo extra, que seria dedicado ao trabalho de campo, em que seriam feitas a coleta e a análise da água da Lagoa da Pampulha, além das entrevistas com a população no entorno da lagoa e visitas a estação de tratamento. Inicialmente, foram realizados pré-testes com o objetivo de acessar o conhecimento prévio dos estudantes sobre qualidade de água para os seus diversos usos e, posteriormente às atividades do projeto, foram aplicados pós-testes com o objetivo de saber o que os estudantes aprenderam durante tais atividades.

Antes do trabalho de campo, algumas aulas foram dedicadas a discussão sobre o contexto de aplicação do projeto. Foram discutidos os parâmetros legais de qualidade de água, estabelecidos no Brasil pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Outras aulas foram dedicadas às discussões sobre os conceitos relacionados aos estudos dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

Para o presente estudo foram escolhidas duas atividades práticas relacionadas aos parâmetros físico-químicos de medida da qualidade da água: a *determinação do oxigênio dissolvido em água* e a *construção de uma escala de medidas de pH*. O nosso estudo foi delimitado no campo conceitual e procedimental de Química. Neste trabalho, não exploramos a

aprendizagem sobre as relações entre o conhecimento conceitual e o conhecimento sobre a qualidade da água e suas consequências ambientais. Assim, os pré-testes e pós-testes aplicados pelos estagiários não foram usados nesta pesquisa, porque as questões desses testes não exploravam a aprendizagem sobre os conceitos por nós investigados.

Das aulas reservadas aos estudos conceituais, quatro foram dedicadas especificamente aos conceitos que seriam explorados para medir o oxigênio dissolvido em água, culminando com a atividade experimental. Tal atividade teve o objetivo de preparar os alunos para o trabalho de campo. E, as aulas que antecederam a atividade tiveram o objetivo de discutir os conceitos envolvidos. Essas aulas, que foram conduzidas pelos estagiários, foram expositivas e dialogadas, ou seja, de discussão envolvendo toda a turma. Também houve a um tempo dedicado para a resolução de exercícios propostos na apostila. Assim, podemos dizer que os alunos tiveram algum contato prévio com os conceitos envolvidos nos experimentos.

Para a discussão dos conceitos relacionados à atividade de medida do pH, foram dedicadas 3 aulas. Nessas aulas, os estagiários fizeram exposições sobre os conceitos de ácido e base e de pH (potencial hidrogeniônico). Também foi feita uma discussão sobre a função do pH em processos de medida da acidez e basicidade da água e a influência do equilíbrio ácido/básico em ambientes aquáticos. Os alunos fizeram leituras dos textos da apostila sobre o conceito de pH e sua relação com a vida nos ambientes aquáticos.

Para a investigação pretendida foram gravadas em áudio as aulas práticas em que os alunos realizaram os experimentos relacionados com os parâmetros físico-químicos de qualidade da água: *medida do oxigênio dissolvido na água e pH como medida de acidez e basicidade da água*. A escolha desses experimentos se deve ao fato de que os conceitos envolvidos se aproximavam daqueles que foram indicados no projeto original desse trabalho de tese, ou seja, se relacionam com transformações químicas.

Nas duas turmas, os alunos foram divididos em grupos para o trabalho no laboratório e de campo: sete grupos na Escola I e seis grupos na Escola II.

Os grupos da Escola I eram constituídos de 5 ou 6 alunos, enquanto na Escola II eram de 4 ou 5 alunos. Foi recomendado aos alunos que além de anotarem as suas observações, conforme o roteiro, que também falassem em voz alta o que pensavam naquele momento para que os seus relatos fossem gravados.

#### ***IV.6 – Os Instrumentos da Investigação***

A coleta dos dados foi realizada por meio de gravações em áudio dos relatos feitos por estudantes, durante o desenvolvimento de atividades práticas. Posteriormente, foram feitas entrevistas com os estudantes, que também foram gravadas em áudio. Além das gravações, a pesquisadora fez anotações de suas observações sobre a realização das atividades e das entrevistas.

##### **IV.6.1 – Gravações em áudio.**

Os principais dados para essa investigação foram gravações em áudio, de relatos de estudantes feitas durante o desenvolvimento de atividades práticas. Durante a realização das atividades, os estudantes fizeram relatos em voz alta do que estavam fazendo e pensando e, esses relatos foram gravados. As gravações foram feitas, primeiro durante o trabalho prático em grupos, nas Escolas I e II, depois por estudantes trabalhando individualmente, somente na Escola II.

As gravações dos áudios foram feitas em MP3, tanto nos grupos do Projeto Água em FoCo, como durante o trabalho individual. Também foram gravadas as entrevistas realizadas após as atividades. Os áudios deram origem aos dados primários para análise. Inicialmente, foi feita uma pré-análise, com a ajuda de um “software” para análise de dados qualitativos intitulado “ATLAS.Ti. 5.5 The knowledge workbench”.

O uso deste programa permitiu a análise dos áudios sem que fosse necessária a sua transcrição na íntegra. Os áudios foram ouvidos várias vezes e com a ajuda do programa pudemos dividi-los em partes, que foram

categorizadas de acordo com a suas características. Inicialmente, foram demarcados os tempos da atividade dedicados aos relatos dos procedimentos, da discussão dos conceitos e à conversa paralela do grupo. Desse modo, cada trecho delimitado do áudio pôde ser ouvido, separadamente, e sempre que necessário, durante todo o processo de análise.

As tabelas 1 2 apresentam as listas de áudios gravados durante as aplicações das duas atividades do Projeto Água em FoCo, nas duas escolas em que essa pesquisa foi desenvolvida.

**Tabela 1:** Lista de áudios das atividades em grupos - ESCOLA I

Projeto Água em FoCo: qualidade de vida e cidadania.			
Atividade 1 – Determinação do Oxigênio dissolvido na água. Atividade 2 – Análise do pH: acidez e basicidade da água.			
Grupo/ Mesas A e B Alunos (A) - Feminino (F) Masculino (M)	Tempo das Gravações (min)		Alunos Entrevistados.
	Atividade 1	Atividade 2	
<b>EI_GRUPO1A</b> EI_AF1 - EI_AF2 EI_AF3 - EI_AF4 EI_AF5	54:41	24.44	EI_AF1 EI_AF3(*)
<b>EI_GRUPO1B</b> EI_AF6 - EI_AF7 EI_AF8 - EE_AF9 EI_AF10	-----	22.35	EI_AF7
<b>EI_GRUPO2A</b> EI_AF11 - EI_AF12 EI_AF13 - EI_AF14 EI_AM1	55:34	14.08	EI_AF14
<b>EI_GRUPO2B</b> EI_AF15 - EI_AF16 EI_AF17 - EI_AM2 EI_AM3 - EI_AF18	53:28	29.07	EI_AM2
<b>EI_GRUPO3A</b> EI_AF19 - EI_AF20 EI_AF21 - EI_AF22 EI_AF23	27:39	28.16	EI_AF20 EI_AF22(*) EI_AF23
<b>EE_GRUPO3B</b> EI_AM4 - EI_AF24 EI_AF25 - EI_AF26 EI_AF27	-----	36.20	EI_AM4
<b>EI_GRUPO4A</b> EI_AF28 - EI_AF29 EI_AF30 - EI_AF31 EI_AF32 - EI_AM5	17:29	25.49	EI_AF31 EI_AM5(*)

(\*) Alunos responsáveis pela gravação do relato durante as atividades.

A tabela 1 mostra a distribuição dos grupos durante a realização das duas atividades, a partir das quais desenvolvemos nossa investigação. Na Escola I, 37 alunos, distribuídos em 7 grupos participaram das atividades do Projeto Água em FoCo e em todos os grupos o processo foi gravado em áudio. Um dos alunos do grupo ficou responsável por fazer o relato das ações do grupo e de seus pensamentos durante a realização das atividades, para que fosse gravado em áudio. Em todos os grupos, o aluno responsável por fazer o relato foi entrevistado posteriormente. Além desses, outros alunos entrevistados foram identificados na tabela por um asterisco.

Os aparelhos para a gravação dos áudios foram colocados sobre a bancada, junto a cada grupo, que ficou responsável, que controlou o tempo de gravação de acordo com o tempo de desenvolvimento das atividades, por isto, os áudios têm tempos diferentes. Foi pedido aos alunos que ligassem o aparelho no início do processo e só desligassem ao término da atividade. Mesmo assim, alguns áudios foram pausados durante o processo, outros foram ligados depois do processo iniciado e alguns foram interrompidos precocemente. Dois grupos da Escola I tiveram problemas durante a gravação ou salvamento dos áudios, de modo que não foi possível recuperá-los. Assim, foram obtidos nessa turma, 12 áudios das atividades e 11 áudios das entrevistas.

**Tabela 2:** Lista de áudios das atividades em grupos - ESCOLA II

Projeto Água em Foco: qualidade de vida e cidadania.			
Atividade 1 – Determinação do Oxigênio dissolvido na água.			
Atividade 2 – Análise do pH: acidez e basicidade da água.			
Grupo Alunos Feminino (F) Masculino (M)	Tempo de Gravação (min)		Alunos Entrevistados
	Atividade 1	Atividade 2	
EII_GRUPO1 EII_AM1 - EP_AF1 EII_AF2 – EP_AM2	12.26	-----	EII_AF2
EII_GRUPO2 EII_AM3 - EP_AF3 EII_AF4 – EP_AF5	56:02	-----	EII_AF5
EII_GRUPO3 EII_AM4 - EP_AM5 EII_AM6 - EP_AM7 EII_AM8	33.49	18.18	EII_AM6
EII_GRUPO4 EII_AM9 - EP_AF6 EII_AF7 - EP_AM10 EII_AM11	64:03	43.33	EII_AM10 EII_AF6(*)
EII_GRUPO5 EII_AF16 - EP_AF9 EII_AF10 - EP_AF11	-----	39.04	EII_AF9
EII_GRUPO6 EII_AF12 - EP_AF13 EII_AF14 - EP_AF15 EII_AF16	-----	19.56	EII_AF15

(\*) Aluna entrevistada que não era responsável pelo relato do processo no grupo.

A tabela 2 contém a lista de gravações feitas na Escola II, que mostra a distribuição dos alunos nos grupos e os áudios obtidos ao final do processo. Assim como relatado anteriormente, problemas técnicos durante a gravação ou salvamento de 4 áudios dessa turma não puderam ser recuperados, tendo sido aproveitados 8 áudios das atividades e 7 áudios das entrevistas.

Treze (13) grupos participaram das atividades, portanto, ao todo foram produzidos vinte e seis (26) áudios. Mas, desse total, seis (6) áudios tiveram problemas técnicos e não puderam ser aproveitados. Assim, vinte (20) áudios das atividades em grupos foram analisados neste trabalho. Nove (9) áudios continham relatos sobre a atividade de *determinação do Oxigênio dissolvido em água* e onze (11) áudios continham relatos sobre a *análise do pH em termos da acidez e basicidade da água*.

O tempo de execução das atividades variou entre 20 e 60 minutos. O tempo de gravação dos nove áudios referentes à atividade de determinação

do oxigênio dissolvido em água variou entre 12:26 e 64:03 minutos. O tempo de gravação dos nove áudios da atividade de medida de pH variou entre 14:08 e 43:33 minutos. Essa variação se explica devido ao tempo diferente em que cada grupo executou a tarefa, mas também por alguma interrupção acidental do áudio. Em alguns casos, a gravação iniciou antes do experimento começar efetivamente ou continuou após o seu término.

A tabela 3 apresenta a lista de áudios gravados durante as atividades experimentais desenvolvidas individualmente e também algumas entrevistas que foram realizadas após a execução das atividades.

**Tabela 3:** Lista de áudios das atividades individuais - ESCOLA II

2ª Etapa da coleta de dados Atividades desenvolvidas individualmente.			
Atividade 1: Como reconhecer uma transformação química?			
Atividade 2: As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?			
Atividade 3: A massa é conservada nas reações químicas?			
EII – Escola II A - aluno Feminino (F) Masculino (M)	Tempo de Gravação (min)		Aluno Tempo das Entrevistas (min)
	Experimento 1	Experimentos 2 e 3	
EII_F1	23:09	-----	-----
EII_M1	21:01	-----	-----
EII_F2	27:26	-----	-----
EII_M4	23:09	-----	-----
EII_M7 (*)	17:51	-----	55:03
EII_F6	27:34	-----	-----
EII_M10 (*)	33:47	60:04	60:05
EII_M11	19:26	24:01	-----
EII_F10	28:10	-----	-----
EII_F11	-----	35:39	-----
EII_F9	21:38	47:33	-----
EII_F15	18:42	-----	-----
EII_F14	12:17	-----	-----
EII_F16	15:54	-----	-----
EII_M12	18:01	-----	-----
EII_F17	24:04	-----	-----
EII_F18	18:54	49:02	-----
EII_F19	17:02	46:38	-----
EII_F13 (*)	40:42	-----	35:08
EII_M14	-----	31:42	-----

Durante a realização das atividades individuais na Escola II, algumas dificuldades impediram a realização de um maior número de entrevistas, que possivelmente teriam enriquecido muito os dados se tivessem sido realizadas. Mesmo assim, 3 alunos foram entrevistados e essas entrevistas contribuíram para o processo de análise. As atividades individuais geraram

25 áudios, que foram analisados, assim como os áudios gravados durante as atividades em grupo, com a ajuda do programa ATLAS.Ti. 5.5 The knowledge workbench. A análise do conteúdo desses áudios seguiu o mesmo padrão dos primeiros.

#### **IV.6.2 – Entrevistas Episódicas.**

Estamos chamando de entrevista episódica um tipo de entrevista que possibilita o relato de experiências pessoais, sem que o sujeito reflita sobre as situações vividas. A entrevista é conduzida pelo entrevistador de modo que o sujeito faça uma descrição de suas lembranças sobre os episódios ocorridos anteriormente, sem tentar explicar o que aconteceu.

De acordo com Mendes I. (2009), as lembranças de um episódio relatadas pelo entrevistado podem ser descontínuas e incompletas, e por isto demandam a mediação do entrevistador durante o relato. Desse modo, o entrevistador pode reconstruir partes dos episódios por meio de perguntas durante a entrevista e por meio de inferências durante a sua transcrição.

Ainda segundo Mendes I. (2009), nesses relatos de episódios o sujeito expõe um tipo de experiência pessoal orientada para contextos situacionais. Esse tipo de relato se refere às situações que ocorrem em contextos específicos. Para o presente trabalho, as entrevistas tiveram o objetivo de produzir relatos sobre as ações e pensamentos dos entrevistados, que tivessem ocorrido durante o desenvolvimento de atividades experimentais de Química.

Para a realização dessas entrevistas foram feitas perguntas retrospectivas, com o objetivo de produzir relatos de memória dos eventos ocorridos durante os experimentos. Tais entrevistas foram inspiradas em dois métodos de entrevistas da psicologia cognitiva. O primeiro se relaciona com o protocolo de relato verbal de pensamento, usado para eliciar, registrar e decodificar os dados válidos sobre processos de pensamento. Ericsson, (2006); Ericsson & Simon (1993 e 1998)

O outro método de entrevista que inspirou este trabalho é denominado “Entrevista de Explicitação” que é usada com o objetivo de produzir

verbalização introspectiva, Vermesch, (1994 e 1999). Trata-se de um método, que segundo esse autor, é capaz de conduzir o sujeito a verbalizar detalhadamente as suas ações físicas e mentais, a partir do uso de um conjunto de técnicas que têm como objetivo facilitar a descrição de um processo de ações, em um tempo posterior a essa ação.

A entrevista de explicitação pode ser usada para duas finalidades: para criar condições que permitam a tomada de consciência e para ajudar a produzir uma descrição precisa, detalhada e fiel de um processo ou de uma ação, Wykrota, J. L. M.; Borges, O. N. (2003 e 2004) e Wykrota, J. L. M. (2007). Buscamos inspiração nesse método de entrevista com o objetivo de produzir relatos detalhados das lembranças dos estudantes sobre os experimentos por eles realizados.

Na entrevista que fizemos, combinamos o protocolo de entrevista retrospectiva com algumas perguntas introspectivas, semelhantes as que são usadas na entrevista de explicitação. Primeiro, pedimos ao estudante que relatasse todas as suas lembranças sobre suas ações, observações e pensamentos durante as atividades. Enquanto os entrevistados faziam o esforço de memória para lembrar tudo o que aconteceu, fizemos algumas perguntas para ajudá-los a se colocarem na cena das atividades e assim, lembrar o maior número de detalhes possível.

O método de entrevista de explicitação consiste num conjunto de técnicas de produção de verbalização introspectiva, descrito por Vermesch (1994 e 1999). O uso desse tipo de técnica requer treinamento aprofundado para o seu uso efetivo. As circunstâncias relacionadas ao tempo da pesquisa não nos permitiram ter o conhecimento necessário ao domínio dessas técnicas. Sendo assim, apenas nos inspiramos em algumas delas ao produzir as perguntas usadas durante as entrevistas.

O foco dessa investigação foram os relatos de pensamentos dos sujeitos durante a realização das atividades experimentais. Por meio das entrevistas feitas após as atividades em grupos, buscamos resgatar as lembranças dos alunos sobre o que ocorreu nos experimentos. Conforme foi declarado no projeto de tese, esperávamos que tais lembranças nos

revelassem indícios de que a execução do experimento pudesse contribuir para alguma aprendizagem dos conceitos relacionados aos conteúdos estudados.

Logo após a realização das atividades em grupo, fizemos uma primeira escuta das gravações, antes de fazer as entrevistas. Nessa primeira escuta, não conseguimos perceber indícios claros sobre alguma aprendizagem naquele contexto. O que ficou evidente nessa pré-análise foi que uma parte significativa do tempo da atividade foi usada para conversas paralelas, ou então a fala do relator ficava inaudível por causa do ruído na sala. Também observamos que o foco de atenção dos estudantes estava mais nas ações procedimentais do que na discussão dos conceitos. Essas observações influenciaram a entrevista e o processo de análise posterior.

Para a realização das entrevistas foi necessário ouvir as gravações para definir o protocolo de cada entrevista. A partir dessa escuta, definimos que as perguntas deveriam ser relacionadas a três tipos de relatos de memória: sobre as ações executadas durante o experimento, sobre as observações feitas durante o experimento e sobre os pensamentos durante as ações e observações. Como os procedimentos eram os mesmos, as ações e observações eram semelhantes, assim, durante a escuta do áudio buscávamos as idéias e observações que apareciam mais claramente, em cada caso.

Os aspectos considerados durante a realização da entrevista, após a coleta do pensamento em voz alta, foram centrados nas lembranças dos entrevistados sobre: o que fizeram (ações), o que aconteceu (observações) e, o que pensaram (idéias). Tentamos colocar os estudantes com o pensamento no momento da ação, por isto, nas perguntas, os verbos foram usados sempre no tempo presente. E, se o estudante dizia que não estava conseguindo se lembrar de algo, era necessário ajudá-lo a ver a cena novamente, por isto algumas perguntas se referem as cores, formas e localização dos objetos e materiais no laboratório.

O quadro 6 apresenta o protocolo das entrevistas e exemplos de perguntas que eram feitas durante a mediação do processo. As perguntas

que aparecem como exemplos e a conversa preliminar foram transcritas da entrevista com o Aluno E2\_AM10. As perguntas dependem do que o entrevistado está lembrando naquele momento, elas têm o objetivo de manter o pensamento do entrevistado no momento da ação.

**Quadro 5:** Protocolo das entrevistas.

<b>Protocolo para as entrevistas realizadas após as atividades práticas de Química.</b>	
<b>Estruturação da entrevista</b>	<b>Exemplos de perguntas que ocorreram em uma entrevista.</b>
<p><b>Preparando para Entrevista.</b></p> <p>Transcrição de uma conversa preliminar em uma das entrevistas.</p>	<p>Para essa entrevista eu espero que você faça um esforço de memória pra lembrar o que a gente fez aqui no laboratório. Esse esforço deve ser semelhante ao esforço que fazemos enquanto procuramos algum objeto que perdemos. Pense, a gente percorre mentalmente os lugares que passamos antes de dar falta do objeto, não é assim? Assim, a gente vai lembrando, passo a passo, por onde passamos e o que fizemos, até conseguir visualizar o objeto e o local onde o deixamos. Então, preciso que você se concentre e faça um relato passo a passo, de tudo que você fez aqui. Eu farei algumas perguntas para ajudá-lo a se lembrar. Mas não é uma argüição, você não precisa explicar nada, não vou perguntar nada sobre o conteúdo. Quero que se lembre apenas do que fez, e especialmente do que pensou enquanto realizava os experimentos. Faça um relato do que você fez durante esta atividade, procure se lembrar de cada detalhe, inclusive o que passa por sua cabeça durante o processo.</p>
<p><b>Relato do experimento.</b></p> <p><b>Procedimentos</b></p> <p><b>Ações.</b></p>	<p>Quem tira os materiais do Kit? O que tem no Kit? Parece com quê? Você está tirando e colocando onde? Mas de que cor é?</p> <p>Ok, não lembra a ordem... Concentre-se na aparência então. Você estava dizendo que é branco, meio rosado... Como é isso? O que você faz com esse sal branco? E como fica essa mistura? E o que acontece?</p>
<p><b>Relato o contexto.</b></p> <p><b>Observações</b></p>	<p>Vamos começar por onde você está aqui no laboratório. Em que mesa você está? Quais são os colegas do grupo? Consegue ver onde eles estão agora? Diga onde estão? Você consegue visualizar os materiais? Vocês estão conversando sobre isto? Agora, o que vocês fazem? Consegue ver? Descreve a aparência disso, como é isso? Você está vendo agora? De que cor é o balde? Onde ele está? Você olha pra ela? O que ela está fazendo?</p>
<p><b>Relato sobre os pensamentos.</b></p> <p><b>Idéias</b></p>	<p>O que você pensa nesse momento? Enquanto isto, o que você pensa? E então, você pensa...</p>

O estudante entrevistado foi o relator do grupo, ou seja, aquele aluno que ficou responsável pelo gravador de MP3 durante as atividades, e que se

comprometeu a falar durante todo processo. Em, alguns grupos, em que houve a participação destacada de algum aluno durante a atividade, convidamos esse aluno para ser entrevistado. Nos dias que se seguiram às aplicações das atividades, foi feita uma entrevista com pelo menos um aluno de cada grupo. Assim, em alguns grupos foram feitas 2 ou 3 entrevistas.

Ao todo foram feitas 21 entrevistas, sendo 18 após as atividades do Projeto Água em FoCo, entre as quais, 11 na Escola I e 7 na Escola II. Na Escola II foram realizadas apenas 3 entrevistas, porque não foi possível realizá-las em um prazo curto após as atividades. O principal objetivo das entrevistas foi produzir relatos a partir da lembrança dos estudantes sobre os procedimentos executados e pensamentos formulados durante os experimentos. Esses relatos obtidos posteriormente poderiam ser contrastados com os relatos obtidos durante a ação e assim nos auxiliar na construção de inferências sobre a mobilização dos conceitos pelos estudantes durante os experimentos.

As entrevistas também foram usadas para esclarecer alguns pontos obscuros das gravações e para auxiliar na identificação dos alunos nos grupos, cujas vozes se misturavam. Isto ocorreu especialmente na Escola I, onde os alunos ficaram muito próximos uns dos outros no laboratório e, por isso tornou-se difícil identificar os relatores nos áudios.

As lembranças suscitadas durante as entrevistas, que também foram gravadas em áudio, deram origem a relatos de memória das ações, observações e pensamentos dos alunos durante as atividades. Tais relatos serviram para auxiliar na análise dos relatos dos estudantes, definindo os eventos de pensamento para construção dos episódios, que deram origem aos episódios relatados nesta tese.

#### ***IV.7 – Construção de dados para análise***

Os dados para análise foram obtidos a partir das gravações em áudio de relatos de estudantes durante o desenvolvimento de atividades práticas. Para fazer um levantamento de hipóteses sobre os conceitos que poderiam ser mobilizados pelos estudantes nesse contexto, fizemos uma exploração

dos roteiros das atividades. Por meio desse estudo, nós buscamos identificar os conceitos relacionados aos experimentos. Consideramos essa exploração como parte da preparação para a análise e a apresentaremos neste tópico. Apresentaremos também uma descrição do processo de realização da atividade pelos estudantes.

#### **IV.7.1 – Atividades experimentais realizadas em grupos no Projeto Água em Foco.**

As atividades experimentais, que forneceram o contexto para parte da coleta dos dados analisados neste trabalho, foram realizadas por grupos de estudantes e, em todos os grupos o trabalho foi gravado em áudio. Os gravadores foram colocados em cada uma das mesas de trabalho e os alunos foram instruídos a falar o que pensassem no decorrer do processo. O gravador foi colocado próximo a um aluno escolhido em cada grupo.

A escolha desse aluno foi feita no momento inicial da aula, por adesão. Os alunos já haviam sido informados previamente de que as aulas seriam gravadas e também já haviam participado de uma conversa sobre como proceder durante a gravação. Alguns alunos já haviam participado de um estudo piloto realizado pela pesquisadora. O aluno que demonstrou maior disposição por gravar o tempo todo o que estava pensando durante o experimento, ficou responsável pelo gravador. Foi combinado que todos deveriam falar o que pensassem com relação ao experimento, mas que falasse um de cada vez, para que todos pudessem ser ouvidos e gravados.

Antes de iniciar os procedimentos do experimento, os alunos escutavam a orientação dos estagiários e em seguida liam as instruções na apostila do projeto “Água em FoCo”. Uma observação feita durante o início do processo foi que, em ambas as turmas e em todos os grupos, os alunos iniciavam os experimentos logo após o início da leitura. Assim que os alunos liam a descrição dos materiais, já começavam a manuseá-los e a interromper a leitura para fazer perguntas sobre a localização ou o reconhecimento de algum utensílio ou reagente.

Essa estratégia de iniciar a experiência em concomitância com a

leitura do roteiro parece ser a norma, pois todos fizeram isto, nas duas escolas. Naquele momento, como observadora, pensei e escrevi em meu registro que talvez fosse melhor que os alunos concluíssem a leitura antes de iniciar a exploração dos reagentes e procedimentos. Mas, esse modo de realizar a tarefa, lendo e manuseando os materiais ao mesmo tempo pareceu já estar consolidado entre os alunos.

A exploração dos materiais e reagentes disponíveis sobre a bancada durante a leitura do roteiro, poderia facilitar a familiarização dos estudantes com o experimento. Mas, ao mesmo tempo, essa conduta também pareceu deixá-los menos atentos com relação aos conceitos relacionados ao contexto. Isto justifica o fato de que, durante o processo, as perguntas dos alunos foram muito mais sobre os procedimentos, do que sobre os objetivos conceituais.

É importante ressaltar que, para o presente trabalho de tese, foi explicitada a pretensão de observar o desenvolvimento de alguns conceitos da química durante a realização dos experimentos. Mas, esse não era o principal objetivo das atividades do Projeto Água em FoCo. De acordo com a proposta do projeto, o seu objetivo era o de produzir conhecimento sobre a qualidade da água. O projeto propôs a discussão de um problema real, com o objetivo responder a seguinte questão: Como transformar a qualidade da água da Lagoa da Pampulha de modo que ela possa ser usada pela população de Belo Horizonte para pescar e nadar (contato primário), como muitas pessoas já fazem atualmente?

Assim, torna-se necessário esclarecer que, neste trabalho, estamos considerando a idéia de que a construção de conhecimento sobre a qualidade da água envolve a compreensão de fenômenos por meio de conceitos da química. E, para esta finalidade, foi feito um levantamento dos conceitos envolvidos nas atividades para que pudéssemos entender o processo e fazer uma estimativa sobre as possibilidades de desenvolvimento de conceitos pelos alunos.

A exploração sobre os conceitos, envolvidos nas atividades de determinação do oxigênio dissolvido na água e de medidas de pH, foi feita de

acordo com o roteiro e com as observações da pesquisadora. Assim, foram produzidos esquemas conceituais, que expressam a visão da pesquisadora sobre o processo de ensino aprendizagem conceitual contidas nesta proposta de atividades práticas. A exploração sobre os conceitos e também os esquemas conceituais serão apresentados a seguir.

#### **IV.7.1.1 – Atividade 1: Conceitos envolvidos na Análise do Oxigênio dissolvido na água.**

O roteiro do Experimento da análise de oxigênio dissolvido, que se encontra nos anexos, foi retirado da apostila do Projeto Água em FoCo de 2007, disponibilizada no endereço: <http://www.foco.fae.ufmg.br/>.

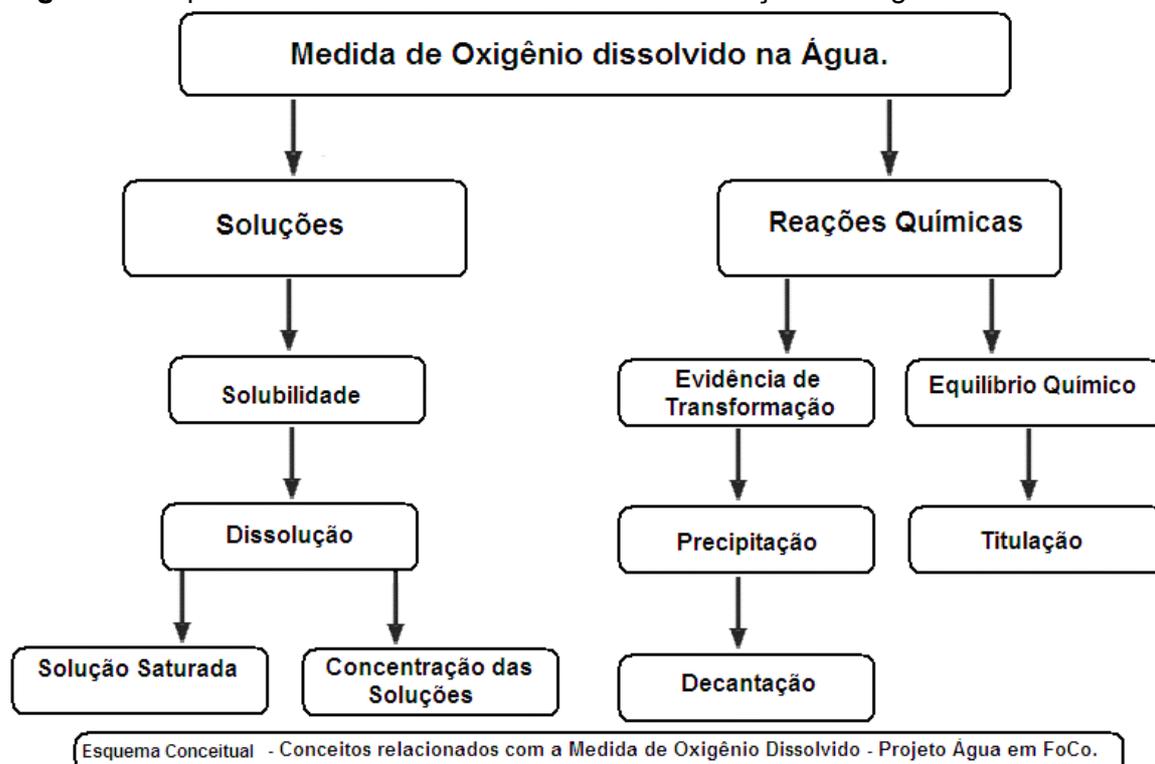
O número de conceitos envolvidos nesta atividade era muito grande para que os alunos pudessem dominá-los durante um número pequeno de aulas como o que foi proposto no projeto. É importante ressaltar que o projeto não tinha a pretensão de esgotar o estudo de tais conceitos, mas sim de iniciar essa discussão, relacionando os conteúdos da química com o contexto de estudo da qualidade da água. Ao mesmo tempo, o projeto abordou um tema de interesse público, tratando de uma questão ambiental importante, a qualidade da água da Lagoa da Pampulha, cartão postal de Belo Horizonte.

Mapeamos os conceitos relacionados ao experimento da análise de oxigênio dissolvido de acordo com o roteiro do experimento, contido na apostila do Projeto Água em FoCo. O desenvolvimento desse esquema conceitual teve como objetivo organizar e representar um conjunto de conhecimentos conceituais e as relações entre esses conceitos que seriam necessários para a compreensão do fenômeno estudado neste experimento.

A organização apresentada neste esquema obedece a ordem de aparecimento dos conceitos no roteiro e as relações estabelecidas pela pesquisadora ao analisar o roteiro e observar os procedimentos durante o processo. Certamente, os conceitos não são tratados de forma linear durante a atividade experimental, pois existem relações entre os conceitos que se manifestam no decorrer das atividades e, à medida que se tornam necessários, devem ser aprofundados em sala de aula. Foi pensando nesses

aspectos que a pesquisadora mapeou os conceitos que foram apresentados no esquema da figura 3:

**Figura 3:** Esquema conceitual da atividade de determinação de oxigênio dissolvido



Este esquema conceitual foi usado para ajudar a identificar os conceitos mobilizados pelos estudantes e as possíveis relações estabelecidas por eles, durante o desenvolvimento das atividades. Os estudantes poderiam seguir diversos caminhos, desenvolvendo novas relações conceituais e construindo novos significados. Os conceitos mobilizados por eles e as suas possíveis relações podem dar origem a outros esquemas conceituais.

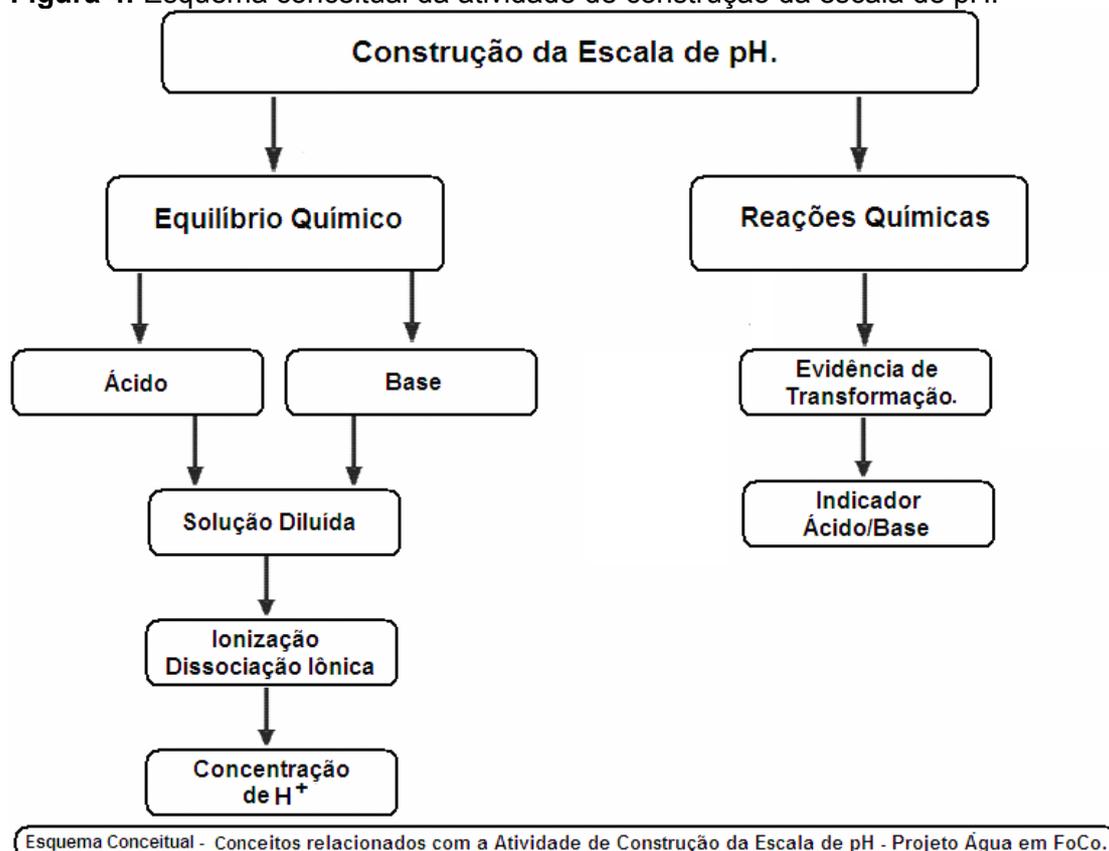
Consideramos que os principais conceitos envolvidos nesta atividade foram: Solubilidade; dissolução; solução; solução saturada; concentrações da solução; transformações químicas; evidências de reação química; precipitação; decantação; equilíbrio químico e titulação. É preciso ressaltar que esses conceitos foram mapeados a partir do roteiro do Projeto Água em FoCo e do conhecimento da pesquisadora sobre o tema. Portanto, nem todos esses conceitos foram explorados pelos alunos durante o processo.

#### IV.7.1.2 – Atividade 2: Conceitos envolvidos na análise do pH: medida de acidez e basicidade da água.

O roteiro do experimento de construção da escala de pH, que se encontra nos anexos, foi retirado da apostila do Projeto Água em FoCo de 2007, disponibilizada no endereço: <http://www.foco.fae.ufmg.br/>.

O esquema apresentado na figura 4 mostra os conceitos relacionados ao experimento de construção da escala de pH, de acordo com o roteiro do Projeto Água em FoCo e com a visão da pesquisadora sobre o tema. Para mapear tais conceitos, também levamos em consideração as aulas expositivas dadas pelos estagiários e as observações feitas durante a execução dos experimentos.

**Figura 4:** Esquema conceitual da atividade de construção da escala de pH.



Os principais conceitos que estão envolvidos nesta atividade são: reação química; evidência de reação; reversibilidade da reação; equilíbrio químico; ionização e dissociação iônica; ácido e base; indicador de ácido e base; solução diluída; concentração de  $H^+$ . Assim como na atividade de medida de oxigênio dissolvido, nem todos os conceitos apresentados no

esquema foram explorados pelos alunos durante o experimento. No decorrer da análise, foram identificados os principais conceitos desenvolvidos pelos estudantes e as principais relações estabelecidas por eles, o que originou novos esquemas conceituais e também os relatos de episódios relacionados a tais conceitos.

#### **IV.7.2 – Desenvolvimento das atividades na Escola I e na Escola II.**

Embora o planejamento das aulas feito pelos estagiários para as duas turmas tenha sido semelhante, por meio do acompanhamento das aulas e das gravações das atividades foi possível observar que houve algumas diferenças importantes nos contextos de aplicação das mesmas, que podem ter influenciado os diversos aspectos relacionados ao estudo proposto.

Todos os alunos tiveram acesso aos materiais e utensílios necessários à execução das tarefas, pois estes foram organizados nas quantidades necessárias, e fornecidos pelo Projeto Água em FoCo. Quanto aos espaços físicos onde aconteceram as atividades, em ambas as escolas foi possível contar com laboratórios bem montados e equipados para as aulas, sendo que na Escola I o espaço era menor do que o da Escola II, enquanto o número de alunos na turma e nos grupos era maior. Isto fez com que os grupos de alunos da Escola I ficassem mais próximos uns dos outros, o que tornou o ambiente muito barulhento durante as gravações dos áudios.

Durante a realização das atividades pelos grupos, nas duas turmas, grande parte do tempo foi consumida em conversas paralelas e brincadeiras, diminuindo assim o tempo que poderia ser dedicado a atividade. Além disto, mesmo o tempo de atenção dos alunos era mais dedicado aos procedimentos do que à discussão dos conceitos relacionados aos conteúdos envolvidos. Por essa razão, para compreender melhor o processo, em uma análise preliminar, fizemos um levantamento do uso do tempo que foi dedicado a realização da atividade pelos alunos.

Nos grupos, grande parte do relato gravado foi relacionado aos procedimentos, pois a atenção dos alunos estava dirigida para a realização

da tarefa e para o resultado a ser obtido. As conversas paralelas aconteciam simultaneamente com a condução da atividade, o que inicialmente dificultou o trabalho de análise. Foi preciso muita atenção durante as escutas dos áudios, pois nos grupos acontecia de alguns alunos estarem atentos à atividade e relatando os procedimentos e o que pensavam, conforme foi pedido, enquanto outros conversavam ao mesmo tempo.

O comportamento dos estudantes no grupo era diferente, pois havia aqueles que assumiam a condução da atividade, outros que se ofereciam para manusear os materiais e alguns que conversavam assuntos alheios aos experimentos durante todo o tempo, não prestando atenção ao que os colegas estavam fazendo. E, mesmo os alunos mais atentos tinham uma atenção difusa, pois eles prestavam atenção em mais de um evento ao mesmo tempo, realizando os procedimentos ao mesmo tempo em que davam atenção as conversas dos colegas.

Em muitos momentos foi possível observar algumas perguntas dos estudantes que poderiam levá-los a melhorar a compreensão sobre algum conceito, mas o tempo de atenção parecia, pelo menos inicialmente, não ter sido suficiente para que pudessem ouvir uma resposta ou tirar as próprias conclusões. Estas impressões primeiras sobre a realização das atividades pelos alunos foram importantes na condução do processo de construção das análises, pois, partindo da crença de que o trabalho prático pode conduzir a alguma aprendizagem ou a algum desenvolvimento conceitual, buscamos verificar em que medida isto poderia ocorrer, no contexto dessa investigação.

Pensando em diminuir os ruídos durante as gravações dos áudios e em aumentar o tempo de atenção dos alunos, dedicado à atividade experimental, fizemos uma nova coleta de dados. Para isto, os alunos desenvolveram, individualmente, um conjunto de atividades sobre transformações químicas, utilizando o mesmo método de pensar em voz alta. O processo de desenvolvimento dessas atividades será relatado a seguir.

### **IV.7.3 - Atividades experimentais desenvolvidas individualmente.**

O desenvolvimento individual das atividades experimentais, assim como suas respectivas gravações em áudio aconteceu apenas na Escola II. A escolha dessa escola se deu por conta das condições objetivas oferecidas para o desenvolvimento de atividades que pudessem ser gravadas pelos alunos individualmente, durante o período normal das aulas. Tais condições foram:

- 1 A existência de um espaço físico adequado, que permitia aos alunos ficarem suficientemente distantes uns dos outros durante as gravações.
- 2 A presença de um monitor no laboratório, o que possibilitava o preparo das atividades e a troca dos materiais de um modo dinâmico, durante a realização do trabalho, uma vez que os alunos precisavam revezar nas mesas e os materiais precisavam ser repostos.
- 3 E, a diversidade de espaços na escola, o que permitia dividir a turma para executarem diferentes atividades, já que os alunos não poderiam ir todos para o laboratório ao mesmo tempo.

As atividades desenvolvidas pelos alunos faziam parte do planejamento normal do conteúdo e seguiram roteiros apresentados no livro didático<sup>4</sup> de química, que era adotado na escola nessa ocasião. A escolha de tais atividades experimentais se deu em primeiro lugar em virtude dos conceitos envolvidos estarem relacionados ao estudo das transformações químicas, conforme foi proposto no projeto inicial deste trabalho.

Consideramos ainda que, esse tipo de atividade, nas quais os alunos seguem roteiros previamente definidos para executarem procedimentos que, pretensamente, possam levá-los a aprendizagem de conceitos científicos, são mais comumente aplicadas no ensino médio do que atividades mais

---

<sup>4</sup> Eduardo Freury Mortimer; Andréa Horta Machado. *Química para o Ensino Médio*. Editora: Scipione Cultural, 1a Edição, (2003). Páginas: 133 a 143.

abertas, nas quais os alunos trabalham com maior autonomia. Assim, como não pretendíamos realizar nenhuma intervenção pedagógica que mudasse a rotina de trabalho dos alunos, foram escolhidas as atividades em seu livro didático e de acordo com o conteúdo que os alunos estavam estudando regularmente.

Outra razão que contribuiu para a escolha das atividades em questão foi a crença na abordagem de ensino que é apresentada no livro e defendida por seus autores. Segundo os autores, as atividades propostas no livro permitem aos alunos apresentarem interpretações para fenômenos simples que são importantes para o entendimento da química.

Com o objetivo de tratar os temas da química de uma forma contextualizada, os autores optaram por substituir a linguagem formal e o “formulismo” convencional da química por uma linguagem mais próxima do cotidiano dos alunos, valorizando a sua opinião e, portanto, o pensamento do aluno sobre os fenômenos estudados. Dessa forma os autores esperam poder contribuir para que os alunos possam construir uma base conceitual que lhes possibilite obter uma visão de conjunto da ciência química. Nesse sentido, e, compartilhando com os autores a idéia de que os alunos podem formar conceitos básicos a partir das idéias que lhes são suscitadas durante o desenvolvimento dessas atividades experimentais, é que a escolha desses roteiros e desse livro didático se justifica.

Outro aspecto do livro didático citado que vale a pena chamar a atenção, é que os seus autores, acreditando na idéia de construção coletiva do conhecimento, propõem que as atividades sejam realizadas em grupos. Segundo os autores, as discussões em grupos, proporcionadas aos alunos durante a realização das atividades experimentais, constituem em oportunidade para que eles aprendam a dialogar com os colegas, expressar o seu pensamento e submeter a sua opinião a críticas, o que os levaria a interpretar os fenômenos estudados, aprimorar a sua concepção sobre a química e aproximar-se do conhecimento científico.

Ao propor que os alunos trabalhassem individualmente, não houve a intenção de contrapor as idéias apresentadas pelos autores na explicitação

da abordagem proposta. Ao contrário, os alunos que participaram desta investigação estavam acostumados a trabalhar em grupo e, sempre desenvolviam as atividades deste livro didático de acordo com as instruções do roteiro. Os alunos já haviam desenvolvido atividades relacionadas a outros temas, usando o mesmo livro.

O trabalho individual foi proposto com o objetivo de verificar se dessa maneira, utilizando o protocolo de relato verbal de pensamento, poderíamos obter relatos mais ricos do que aqueles obtidos nos grupos. Pretendíamos verificar também se o tempo de desenvolvimento da atividade seria mais bem aproveitado, uma vez que as atividades desenvolvidas individualmente não teriam uma parte do tempo de conversa paralela.

A idéia de que os alunos poderiam expressar o seu pensamento a partir da discussão sobre os procedimentos executados nas atividades, pretendidas pelos autores desse livro didático, também foi um incentivo para a proposta de aplicação de tais atividades como trabalhos individuais. De acordo com o protocolo de relato verbal de pensamento, o sujeito ao pensar em voz alta, deve expressar o que pensa enquanto realiza a atividade.

Pedimos aos alunos que repetissem o padrão da discussão que faziam ao realizar atividades do livro em grupos, falando sozinhos, como quem fala consigo mesmo e, dessa maneira, expressar o seu pensamento sobre o desenvolvimento dos experimentos, no momento da ação, enquanto realizavam os procedimentos.

As três atividades sobre transformações químicas, desenvolvidas individualmente, consistiam em um conjunto de experimentos que tinha como propósito levar os alunos a pensar sobre três questões:

1. Como reconhecer uma transformação química?
2. As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?
3. A massa é conservada nas reações químicas?

Os experimentos que foram desenvolvidos pelos alunos e os conceitos a eles relacionados foram apresentados no quadro 6.

**Quadro 6:** Atividades desenvolvidas Individualmente – Escola II

LIVRO DIDÁTICO - QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado Capítulo 6 Reações Químicas	
Atividade1 – Como reconhecer uma transformação química? Atividades 2 – As evidências garantem que ocorreu uma transformação química? Atividades 3 – A massa é conservada nas reações químicas?	
REAÇÕES ESTUDADAS	CONCEITOS RELACIONADOS
<b>Atividade1</b> A) Ácido Clorídrico e Zinco B) Queima da Fita de Magnésio C) Hidróxido de Sódio e Sulfato de cobre II D) Ácido Clorídrico e Hidróxido de Sódio E) Ácido clorídrico e Hidróxido de sódio em presença de fenolftaleína.	Misturas e Soluções. Evidência de transformação química. Indicadores de ácido e base. Reagentes e Produtos
<b>Atividade 2</b> 1º Teste: sal de cozinha e água 2º teste: refrigerante e açúcar. 3º teste: comprimido efervescente.	Dissolução Precipitação Decantação Conservação de massa
<b>Atividade 3</b> A) bicarbonato de Sódio com Ácido Clorídrico em sistema aberto e fechado. B) Hidróxido de Sódio e Sulfato de cobre II C) Queima da lâ de aço e de papel.	

Para a realização dessas atividades, os materiais e utensílios necessários foram preparados no laboratório e os alunos se revezaram de cinco em cinco para realizar os experimentos. Eles foram instruídos a iniciar a atividade pela leitura do roteiro e, durante o processo poderiam perguntar as dúvidas para o monitor ou para a professora. E, lhes foi recomendado, principalmente, que durante o processo falassem o tempo todo sobre o que estavam pensando.

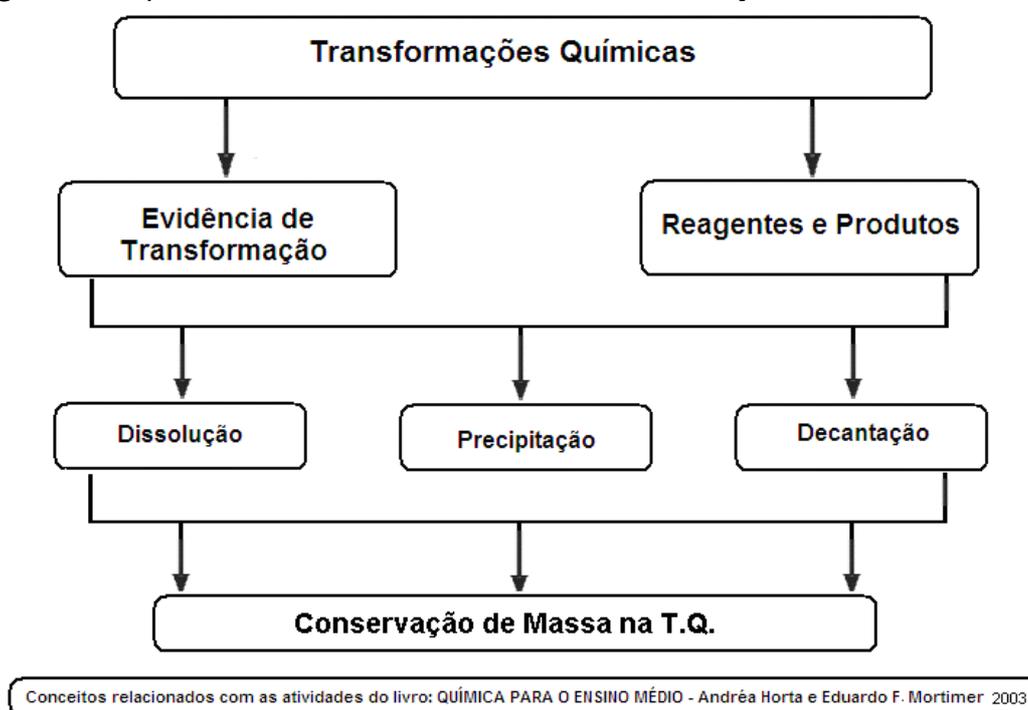
Dos 21 estudantes que participaram dessas atividades, 17 haviam participado também das atividades em grupo do Projeto Água em FoCo. Eles já conheciam o processo de falar em voz alta enquanto executavam as atividades. Mesmo assim, como dessa vez as atividades seriam feitas individualmente, eles participaram de uma conversa com a pesquisadora sobre como deveriam proceder, juntamente com os 4 alunos novatos.

Os estudantes foram instruídos a falar tudo o que pensassem durante a atividade, sem parar, durante todo o processo, relatando o que lhes viesse ao pensamento enquanto manipulavam os objetos e observavam os

experimentos. Eles poderiam também perguntar qualquer dúvida que surgisse, sem preocupação de que fosse ou não pertinente. E ao final, eles deveriam responder as questões propostas, com a primeira idéia que lhes ocorresse, sem preocupação de acertar ou errar.

Os conceitos relacionados aos experimentos foram mapeados de acordo com os seus roteiros encontrados no livro didático de Química e também levando em conta a compreensão da pesquisadora sobre as atividades. Esses conceitos foram representados no esquema da figura 5.

**Figura 5:** Esquema conceitual da atividade de Transformações Químicas.



O esquema tem o objetivo de apresentar o detalhamento dos conceitos que aparecem nos experimentos e suas possíveis relações, que serão usados no processo de análise sobre o desenvolvimento dos conceitos e estabelecimento de relações entre procedimentos e conceitos pelos alunos.

Nesta etapa da coleta de dados, todos os conceitos foram relacionados ao processo de transformação química e as evidências de reação. Alguns desses conceitos são os mesmos da primeira etapa, mas, observamos um número menor de conceitos envolvidos nesse estudo. Isto ocorre porque essas atividades foram dirigidas especificamente para o ensino de Transformações Químicas de acordo com o livro didático. E, na primeira

etapa, o estudo foi dirigido para um problema real, que era a análise da qualidade da água e que, portanto, envolvia um número maior de conceitos e de relações entre os conceitos.

Assim como durante nas atividades desenvolvidas em grupos, nem todos os conceitos foram todos explorados pelos alunos durante o processo. Desse modo, no processo de análise, procuramos identificar os principais conceitos desenvolvidos pelos estudantes e as relações entre tais conceitos que eles conseguiram estabelecer.

#### ***IV.8 – Preparando para a Análise: obtenção de dados de segunda ordem.***

Para gerar os dados a serem analisados, os áudios foram ouvidos algumas vezes. Primeiro, na íntegra, para que pudéssemos reconhecer os aspectos que poderiam nos ajudar a entender o processo de desenvolvimento das atividades pelos alunos. Estabelecemos os seguintes parâmetros para essa pré-análise: estratégia de leitura do roteiro; tempo de atenção; tempo de dispersão e conversas; aspectos observados pelos alunos: procedimental ou conceitual; uso dos termos conceituais; entendimento dos procedimentos; entendimento dos conceitos envolvidos.

A segunda rodada de escuta seria feita usando o ATLAS.Ti, para que fossem organizadas as primeiras categorizações e as marcações do tempo correspondente. Mas, inicialmente, não foi possível rodar todos os áudios no programa, pois como as gravações haviam sido feitas em diferentes aparelhos, os arquivos não eram todos do mesmo tipo. Então, foi necessário usar um programa de conversão de áudios – Quick Media Converter 3.6, para que todos os arquivos de áudio fossem padronizados no formato WMV.

Na segunda rodada de escuta dos áudios, foram feitas as primeiras categorizações, mas ainda não foram feitas as codificações dos parâmetros de análise. Nessa fase da análise, escolhemos trechos do áudio que identificamos como relatos sobre o processo, do procedimento ou que tivesse alguma relação com os conceitos envolvidos. Também identificamos conversas paralelas do grupo. Assim, os áudios originais foram subdivididos em pequenos áudios. O tempo dessas subdivisões variou entre 1 e 4 minutos, de modo que alguns dos áudios foram subdivididos em mais de 20 pequenos áudios.

Cada processo categorizado teve o seu tempo indicado no programa de análise. Assim, durante o processo de análise, cada um dos trechos categorizados pôde ser ouvido separadamente e sempre que necessário. Isso contribuiu para todas as fases da análise, assim como para a construção das evidências e para apresentação dos resultados.

Durante a terceira escuta dos áudios foram feitos comentários,

registrados no próprio programa e que serviram para auxiliar a codificação e a análise posterior. O quadro a seguir mostra um exemplo resumido da pré-análise feita com a ajuda do ATLAS.Ti.

**Tabela 5:** Exemplo da Categorização da Pré-Análise.

EP_GRUPO4 - Dados sobre o Tempo da Atividade de determinação de Oxigênio Dissolvido em Água. Tempo total de gravação: 64:03 min - Aluno EP_AM10				
Tempo (S)	Conceitos	Procedimentos	Conversa P	Comentários
Até 2:54			X	Procedimento e Conversa. Aluno EII_AM10 lê reagentes...
2:54 à 3:57		X		Procedimento. Interferência do Estagiário.
3:57 à 4:59		X		EII_AM10 pede explicação da estagiária.
4:59 à 8:50		X		Conversam sobre possíveis queimaduras e perguntas sobre vidraria e reagentes.
8:50 à 9:39		X		Aluno EII_M10 lembra o objetivo do experimento e descrição do experimento.
9:39 à 10:40			X	Espera a aluna EII_F7 colocar mais água.
10:40 à 14:07	X			Auna EII_F7 refere-se à ausência de bolhas, explicando o processo.
14:07 à 14:28		X		Fala do Estagiário 1, pede atenção, aluna EII_F7 fala junto.
14:28 à 16:20		X		Predomínio de procedimento e tb conversa - aparência dos reagentes e produtos. Evidências e riscos.
16:20 à 17:06	X			Explicação da estagiária sobre solução saturada. Aluno perguntam.
17:06 à 17:58	X			Descrição da reação e dos produtos. Tentam identificar os reagentes. Analogias. Parece com...
17:58 à 19:57		X		Descrição do procedimento e resultados – como devem ficar os produtos?
19:57 à 25:23		X		Repete o experimento, descreve, Estagiário 1 explica, refaz novamente. A saturação demorou para acontecer.
25:23 à 30:32		X		Depois da saturação. Cont.procedimento, adição de NaOH. Mágica... Coordenador interfere no procedimento.
30:32 à 36:46	X			Aluno EII_M10 retoma o proced. Lê roteiro no meio da conversa. Ele diz q não sabe o que é titulação.
36:46 à 39:08	X			Aluno EII_A10 e aluna EII_F7 perguntam o que é titulação. Aluno EII_M10 não presta atenção à resposta da professora.
39:08 à 45:20			X	Predomina conversa, mas também procedimento. Aluno EII_M10 questiona o tempo aproveitado.
45:20 à 51:30	X			Muita brincadeira. Aluno EII_M10 retoma o procedimento. Estag. 1 interfere. Aluno EII_M10 pergunta novamente o que é titulação.
51:30 à 53:56		X		Procedimento Titulação. A conversa continua.
53:56 à 55:27		X		Predomino de conversa, mas o procedimento continua. Medida de OD. Contando.
55:27 à 57: 55	X			Medida de OD. Cálculo e Explicação. EP_M11 conversa.
57:55 à 60:00	X			Respondendo as questões do roteiro sobre as mudanças que ocorreram.
60:00 à 64:03			X	Aluno EP_M11 conversa o tempo todo. Conversa predomina.
<b>T. Total</b>	<b>24,4 min</b>	<b>27,3 min</b>	<b>8,31 min</b>	
	40,63%	45,52%	13,85%	

Os critérios observados na pré-análise foram: tempo de atenção ao procedimento, tempo de atenção aos conceitos e tempo de conversa paralela do grupo. O tempo total de gravação do áudio escolhido como exemplo foi de 64:03 minutos e a pré-análise deu origem a 23 pequenos áudios.

Dos 23 áudios gerados nessa pré-análise, 11 foram relacionados com os procedimentos e 8 aos conceitos, e todos foram posteriormente analisados para determinação dos conceitos envolvidos. E, a partir dessa análise foi possível determinar os conceitos mobilizados pelos estudantes e, quantas vezes eles apareciam no processo. Num refinamento dessa análise, que será descrito no capítulo V, determinamos também o nível em que tais conceitos foram usados durante o desenvolvimento da atividade.

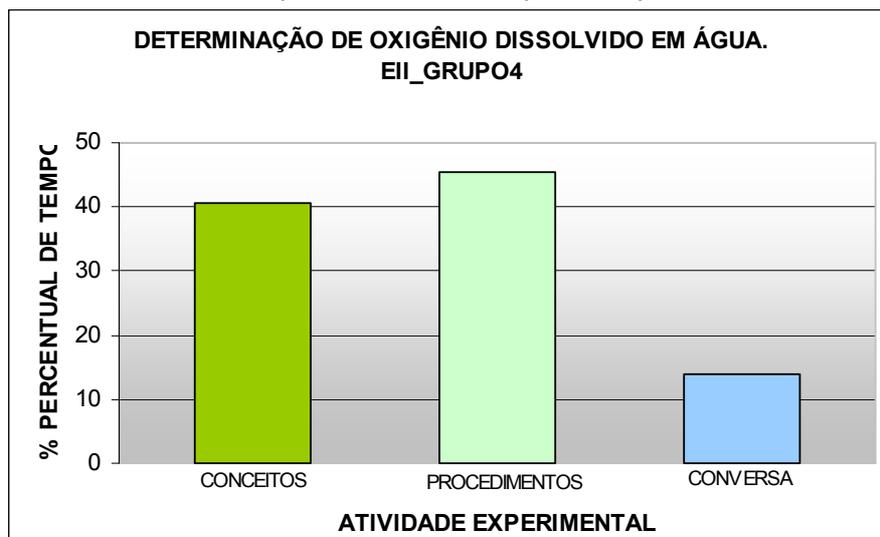
Por meio dos comentários feitos durante as marcações de tempo foi possível perceber que no decorrer de praticamente toda a atividade houve conversas paralelas. Mas, o registro para marcação de tempo como conversa paralela foi feito apenas quando todos do grupo estavam envolvidos na conversa, deixando o experimento de lado. O tempo em que o procedimento estava sendo realizado e relatado no áudio foi marcado como tempo de procedimento, mesmo se houvesse conversa.

Verificamos pelas gravações, que durante os intervalos de espera, alguns estudantes liam o roteiro em voz alta, procurando se orientar ou ao grupo, outros permaneciam em silêncio e alguns conversavam assuntos alheios a aula. Foi a essa conversa, que parecia não ter conexão direta com o experimento, que chamamos de conversa paralela.

As conversas paralelas ocorreram principalmente durante os momentos de espera que são próprios dos experimentos de química. Esse tempo seria o intervalo entre um procedimento e outro, tais como a espera de ocorrência de uma dissolução, de uma reação ou de uma decantação. Também ocorreram situações de espera, quando para evitar acidentes, alguns reagentes precisavam ser levados de mesa em mesa pelos estagiários.

O gráfico a seguir mostra os percentuais de tempo para cada um dos itens considerados na atividade de determinação do oxigênio dissolvido pelo grupo 4 da Escola II.

**Gráfico 1:** Percentual de tempo da 1ª atividade pelo Grupo 4 da Escola II.



Nesse grupo, o relato feito durante a atividade foi mais relacionado às ações executadas, ou seja, o estudante relator e os seus colegas falaram mais dos objetos e procedimentos. Consideramos como tempo dedicado aos conceitos, sempre que durante os procedimentos houvesse qualquer indício de relação entre procedimento e processo. Consideramos como tal, uma pergunta, uma afirmação, ou uma discussão do grupo, que indicasse algum tipo de busca de entendimento ou de explicação sobre o processo.

Na pré-análise, verificamos que os procedimentos foram priorizados em relação aos conceitos em todos os grupos durante as atividades em grupos. Durante a atividade de determinação do oxigênio dissolvido houve conversa paralela, nas duas escolas. Alguns grupos conversaram mais outros menos. Na Escola II, de um modo geral, o percentual de conversa paralela foi maior do que na Escola I.

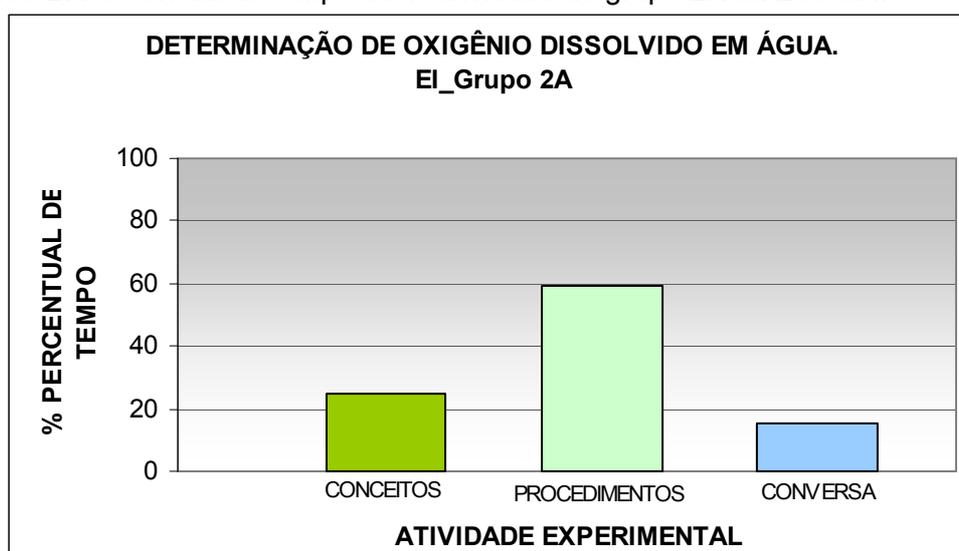
Na escola I, observamos que, no grupo no qual não ocorre conversa paralela gravada, o tempo de gravação foi menor. Consultando as anotações de campo, verificamos que esse grupo fez pausas durante a gravação, o que é um indicativo de que as conversas não foram gravadas. Os consolidados a seguir mostram essas informações sobre o contexto da investigação.

**Tabela 4:** Percentuais de Tempo da 1ª Atividade em Grupos - ESCOLA I

Atividade I - Determinação de Oxigênio Dissolvido na Água.				
GRUPOS e ALUNOS (*) Feminino (F) Masculino (M)	Áudios Editados no Atlas. Ti Tempo (min)	Percentual de Tempo da Atividade (%)		
		Conceitos	Procedimento	Conversa Paralela
<b>EI_GRUPO1A</b> EI_AF1 (*) EI_AF2 EI_AF3 (*) EI_AF4 EI_AF5	54:41	28,50%	57,24%	16,26%
<b>EE_GRUPO2A</b> EI_AF12 EI_AF13 EI_AF14 (*) EI_AF15 EI_AM1	55:34	25,10 %	59,36%	15,54%
<b>EI_GRUPO2B</b> EI_AF16 EI_AF17 EI_AF18 EI_AF19 EI_AM2(*) EI_AM3	53:28	29,74%	60,90%	9,36%
<b>EI_GRUPO4A</b> EI_AF29 EI_AF30 EI_AF31 EI_AF32 (*) EI_AF33 EI_AM5 (*)	35:21	36,86%	63,14%	0%

(\*) Alunos entrevistados

O gráfico a seguir mostra o uso do tempo da atividade pelo grupo 2ª da Escola I. Nesse grupo, assim como nos outros, o relato sobre os procedimentos prevaleceu sobre os conceitos em todos os grupos, conforme pode ser visto na tabela.

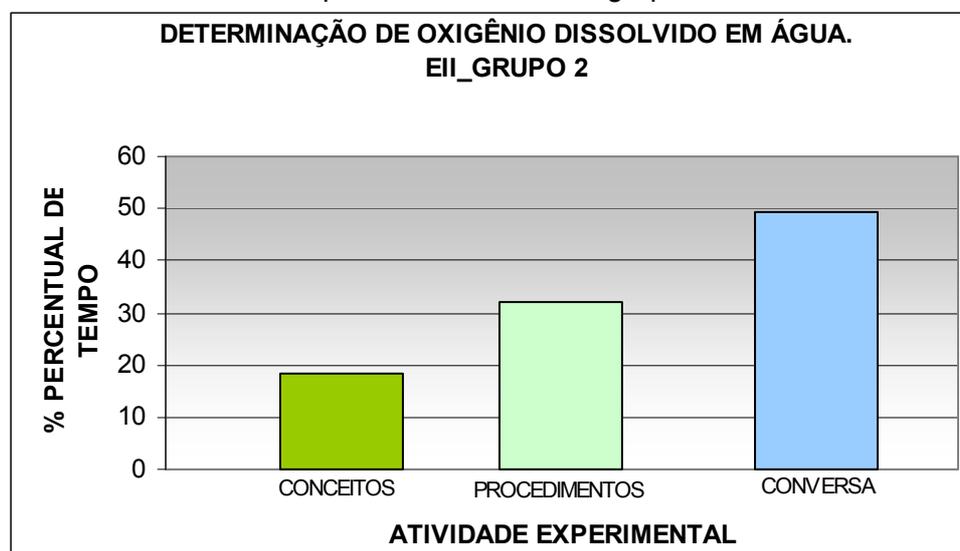
**Gráfico 2:** Percentual de tempo da 1ª atividade do grupo 2A da Escola I.

**Tabela 5:** Percentuais de Tempo da 1ª Atividade em Grupos - ESCOLA II

Atividade I - Determinação de Oxigênio Dissolvido na Água.				
GRUPOS e ALUNOS (*) Feminino (F) Masculino (M)	Áudios Editados no Atlas. Ti Tempo (min)	Percentual de Tempo da Atividade (%)		
		Conceitos	Procedimento	Conversa Paralela
<b>EII_GRUPO1</b> EII_AM1 - EII_AF1 EII_AF2 (*) EII_AM2	12:26	15,91%	47,45%	36,64%
<b>EII_GRUPO 2</b> EII_AM3 - EII_AF3 EII_AF4 - EII_AF5 (*)	56:02	18,42%	32,24%	49,34%
<b>EII_GRUPO 3</b> EII_AM4 - EII_AM5 EII_AM6 (*) - EII_AM7 EII_AM8	33:49	6,41%	51,87%	41,72%
<b>EII_GRUPO 4</b> EII_AM9 - EII_AF6 (*) EII_AF7 - EII_AM10(*) EII_AM11	64:00	40,63%	45,52%	13,85%

(\*) Alunos entrevistados

O gráfico 3 mostra um caso de conversa paralela que superou o tempo de procedimento na escola II. Isto aconteceu porque o grupo todo estava envolvido em conversas alheias a aula, mesmo durante a execução do experimento.

**Gráfico 3:** Percentual do tempo da 1ª atividade do grupo 2 da Escola II

Outro caso atípico na Escola II, foi um tempo de gravação muito curto, de 12:26 min. Esse áudio foi pausado várias vezes, de modo que só foi gravado o tempo de procedimento, tendo sido eliminado o tempo de espera entre um procedimento e outro. Mesmo assim, foram registradas conversas

durante o procedimento.

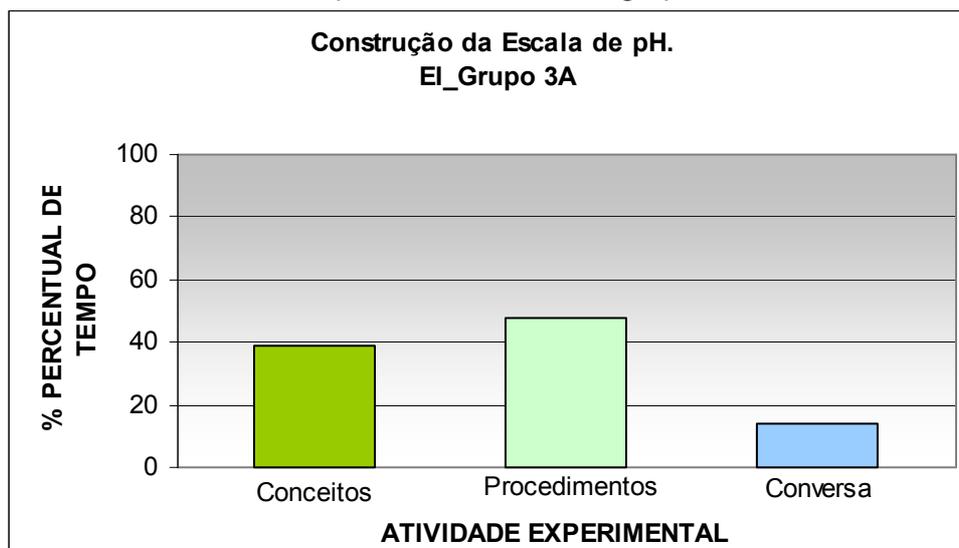
Na atividade de medida de pH, o percentual do tempo de conversa foi menor em todos os grupos, sendo que na Escola I, observamos que não houve conversa paralela em 2 grupos. Nesses áudios, também foram observadas pausas, indicando que as conversas não foram gravadas. Nessa atividade, o percentual de tempo relativo aos procedimentos também foi maior.

**Tabela 6:** Percentuais de Tempo da 2ª Atividade em Grupos - ESCOLA I

Atividade II – Análise do pH: acidez e basicidade da água.				
GRUPOS e ALUNOS (*) Feminino (F) Masculino (M)	Áudios Editados no Atlas. Tí Tempo (min)	Percentual de Tempo da Atividade (%)		
		Conceitos	Procedimento	Conversa Paralela
<b>EI_GRUPO1A</b> EI_AF1 (*) EI_AF2 EI_AF3 (*) EI_AF4 EI_AF5	24.44	33,08%	64,34%	2,58%
<b>EI_GRUPO1B</b> EI_AF6 EI_AF7 (*) EI_AF8 EI_AF9 EI_AF10	22.35	19,11%	76,53%	4,36%
<b>EE_GRUPO2A</b> EI_AF12 EI_AF13 EI_AF14 (*) EI_AF15 EI_AM1	14.08	16,64%	83,36%	0%
<b>EI_GRUPO2B</b> EI_AF16 EI_AF17 EI_AF18 EI_AF19 EI_AM2(*) EI_AM3	29.07	30,86%	36,76%	32,38%
<b>EI_GRUPO3A</b> EI_AF20 (*) EI_AF21 EE_AF24 EI_AF22 (*) EI_AF23 (*)	28.16	38,56%	47,58%	13,86%
<b>EI_GRUPO3B</b> EI_AM4 (*) EI_AF25 EI_AF26 EI_AF27 EI_AF28	36.20	18,26%	73,82%	7,92%
<b>EI_GRUPO4A</b> EI_AF29 EI_AF30 EI_AF31 EI_AF32 (*) EI_AF33 EI_AM5 (*)	15.49	36,46%	63,54%	0%

O gráfico 4 mostra o uso do tempo da atividade de determinação do pH pelo grupo 3A da Escola I. Nesse grupo, também prevaleceu o relato dos procedimentos, mas o tempo de conversa está menor se comparado com a atividade anterior.

**Gráfico 4:** Percentuais de tempo da 2ª atividade do grupo 3A da Escola I.



Na escola I, observamos que, no grupo no qual não ocorre conversa paralela gravada, o tempo de gravação foi menor. Consultando as anotações de campo, verificamos que esse grupo fez pausas durante a gravação, o que é um indicativo de que as conversas não foram gravadas.

A tabela 7 mostra o uso do tempo da atividade de construção da escala de pH pelos grupos da Escola II.

**Tabela 7:** Percentuais de Tempo da 2ª Atividade em Grupos - ESCOLA II

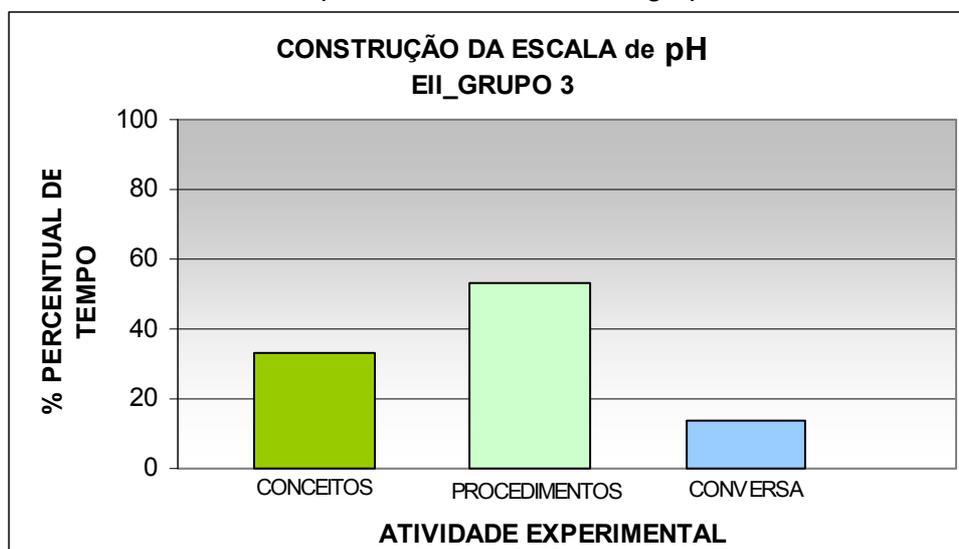
Atividade II – Análise do pH: acidez e basicidade da água.				
GRUPOS e ALUNOS (*) Feminino (F) Masculino (M)	Áudios Editados no Atlas. Ti Tempo (min)	Percentual de Tempo da Atividade (%)		
		Conceitos	Procedimento	Conversa Paralela
<b>EII_GRUPO 3</b> EII_AM4 - EII_AM5 EII_AM6 (*) - EII_AM7 EII_AM8	18.18 min	33,24%	53,10%	13,66%
<b>EII_GRUPO 4</b> EII_AM9 - EII_AF6 (*) EII_AF7 - EII_AM10(*) EII_AM11	43.33 min	27,70%	36,93%	35,37%
<b>EII_GRUPO 5</b> EII_AF16 - EII_AF9 (*) EII_AF10 - EII_AF11	39.04 min	9,40%	78,73%	11,87%
<b>EII_GRUPO 6</b> EII_AF12 - EII_AF13 EII_AF14 - EII_AF16 EII_AF15 (*)	19.56 min	7,43%	71,05%	21,52%

(\*) Alunos entrevistados

O gráfico 5 mostra a distribuição percentual do uso do tempo pelo

grupo 3 da Escola II, que também teve prevalência dos procedimentos no relato.

**Gráfico 5:** Percentual do tempo da 2ª atividade de do grupo 3 da Escola II



Durante a atividade de medidas de pH, em quase todos os grupos houve menos conversa, mas o procedimento também predominou em todos os casos. Os áudios em que não havia conversa paralela também eram mais curtos, o que sugere a possibilidade de que as gravações tenham sido pausadas durante a conversa. Mas, o fato de o percentual de tempo dedicado a conversa ter sido menor, pode ter explicação na natureza do experimento. As reações que ocorrem nesse experimento são mais rápidas, diminuindo o tempo de espera entre um procedimento e outro. Além disto, o tempo da atividade foi menor.

A pré-análise das atividades individuais mostrou que, como era de se esperar, praticamente não houve conversas paralelas. Ainda assim, registramos conversa paralela em três áudios, porque os estudantes foram interrompidos durante o processo por algum aluno ou funcionário da escola que não estavam participando da aula. Também identificamos 2 casos em que o percentual de conceitos foi superior aos procedimentos, mas de um modo geral, durante a atividade individual houve predomínio dos relatos de procedimentos.

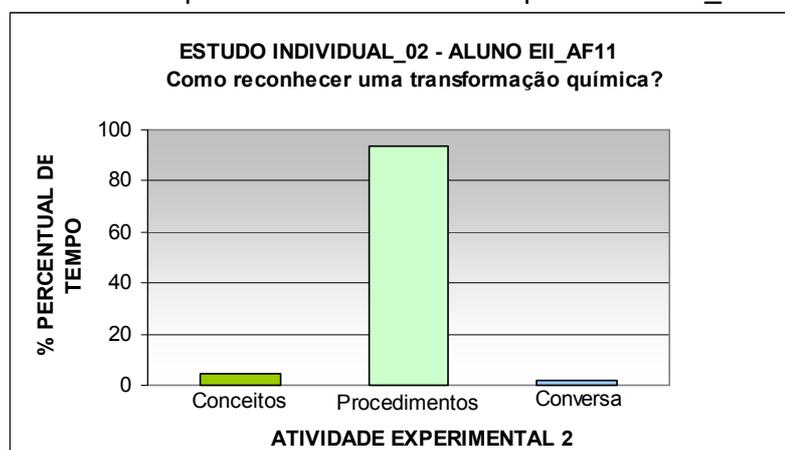
O consolidado a seguir mostra as informações sobre o comportamento dos estudantes com relação à distribuição do tempo da atividade individual.

**Tabela 8:** Percentuais de Tempo da Atividade Individual - ESCOLA II

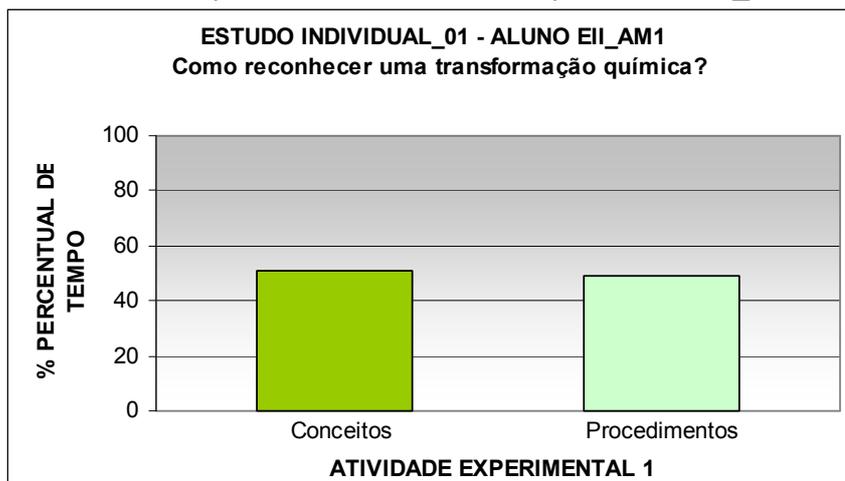
Atividades do Livro Didático desenvolvidas Individualmente.					
ALUNOS (*) Feminino (F) Masculino (M)	Atividade1: Como reconhecer uma transformação química? Atividade 2: As evidências garantem que ocorreu uma transformação química? Atividade 3: A massa é conservada nas reações químicas?				
	Áudios editados no Atlas. Ti Tempo (min)		Percentual de Tempo da Atividade (%)		
	Atividade 1	Atividades 2 e 3	Conceitos	Proced.	Conversa
EII_F1	23:09	-----	31,38	68,62	0
EII_M1	21:01	-----	50,00	50,00	0
EII_F2	27:26	-----	37,50	62,50	0
EII_M4	23:09	-----	44,20	55,80	0
EII_M7 (*)	17:51	-----	82,91	17,09	0
EII_F6	27:34	-----	32,94	57,32	9,74
EII_M10 (*)	33:47	-----	59,44	40,56	0
	-----	60:04	99,10	0,90	0
EII_M11	19:26	-----	43,48	56,52	0
	-----	24:01	18,67	81,33	0
EII_F10	28:10	-----	47,51	52,49	0
EII_F11	-----	35:39	4,54	93,73	1,73
EII_F9	21:38	-----	48,54	51,46	0
	-----	47:33	22,92	77,08	0
EII_F15	18:42	-----	44,48	55,52	0
EII_F14	12:17	-----	40,00	60,00	0
EII_F16	15:54	-----	27,36	72,64	0
EII_M12	18:01	-----	-----	-----	-----
EII_F17	24:04	-----	-----	-----	-----
EII_F18	18:54	-----	34,04	65,96	0
	-----	49:02	16,32	83,68	0
EII_F19	17:02	-----	38,74	61,26	0
	-----	46:38	3,29	95,68	1,03
EII_F13 (*)	40:42	-----	49,96	50,04	0
EII_M14	-----	31:42	20,92	79,08	0

(\*) Alunos entrevistados (EII\_M7- 55:03 min; EII\_M10 – 59:05 min; EII\_F13 - 35:08 min)

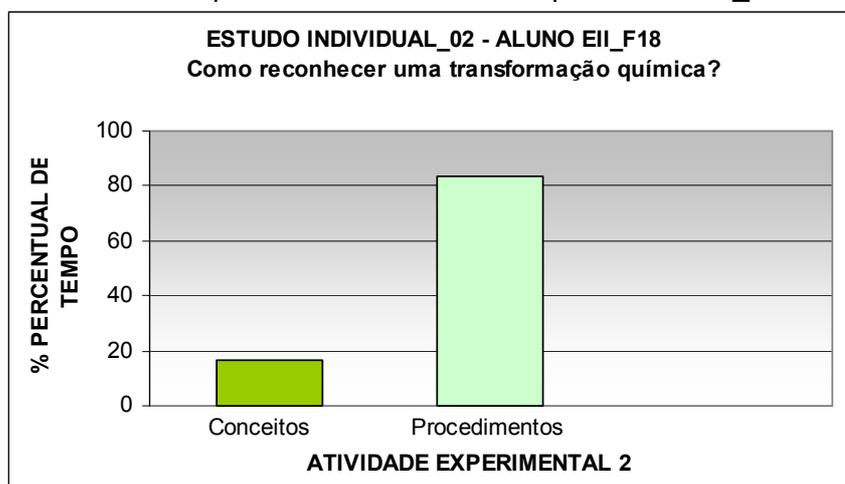
Os gráficos 6 à 9 são exemplos da variedade de comportamento dos estudantes com relação ao uso do tempo, durante as atividades desenvolvidas individualmente.

**Gráfico 6:** Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII\_AF11.

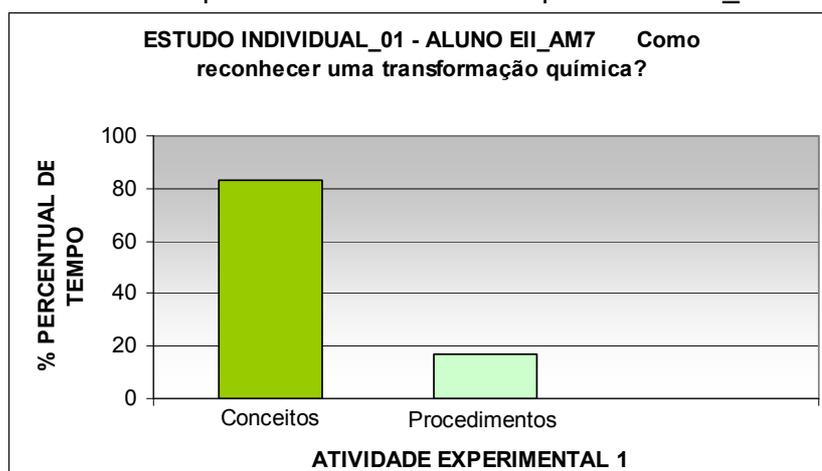
**Gráfico 7:** Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII\_AM1.



**Gráfico 8:** Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII\_AF18.



**Gráfico 9:** Percentual do tempo da atividade individual pelo aluno EII\_AM7.



Apesar da diversidade do uso do tempo pelos alunos durante a atividade, podemos dizer que houve predomínio de relato sobre os procedimentos entre os alunos, tanto nas atividades em grupo, como nas

atividades individuais. Como as atividades individuais foram executadas apenas na Escola II, foi possível verificar que os relatos nos quais houve prevalência dos conceitos foram feitos por alunos que haviam sido relatores dos grupos anteriormente.

Acreditamos que este comportamento possa estar relacionado à uma característica do próprio estudante, que já havia mostrado maior interesse durante a tarefa realizada em grupo, assumindo a sua liderança. Mas, também pode ter sido influenciada pelo “treinamento” em pensar em voz alta, que a atividade em grupo proporcionou a este estudante.

#### ***IV.9 – Identificando os conceitos mobilizados pelos estudantes.***

Os tempos dos áudios foram subdivididos em três tipos de processos durante a realização das atividades experimentais: o tempo dedicado aos procedimentos, o tempo de relação com os conceitos e o tempo de conversas paralelas. Nesse processo, os estudantes manuseavam os objetos e materiais dispostos para a execução dos experimentos e executaram os procedimentos de acordo com as orientações do roteiro. E de acordo com a orientação da pesquisadora, eles também descreviam em voz alta o que faziam e, suas impressões sobre os procedimentos e observações. A essa descrição, chamamos de relatos de ações e pensamentos.

Entendemos como relato de ações e pensamentos, também as perguntas e as dúvidas dos estudantes com relação aos procedimentos e conceitos. Algumas dessas perguntas eram de explicações sobre o processo e foram interpretadas como relação com os conceitos para efeito de demarcação do tempo dos eventos.

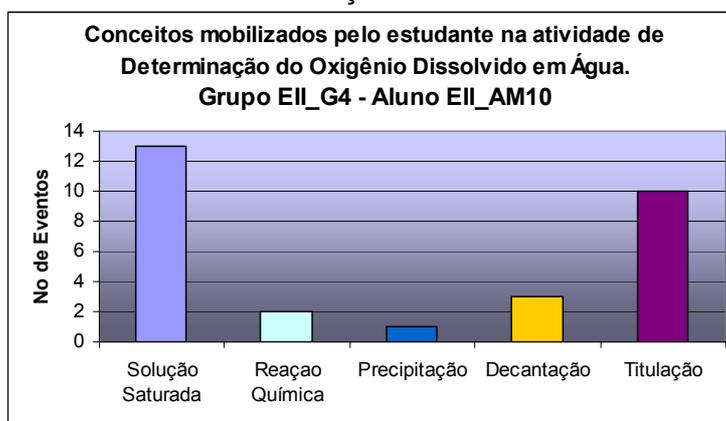
Consideramos a relação entre procedimento e conceito como uma forma indireta pensamento dos estudantes sobre os conceitos. As ações procedimentais suscitam pensamentos sobre os conceitos na medida em que o executor das ações tenta entender o que está fazendo. Assim, também foram categorizados como eventos relacionados aos conceitos, os relatos de

procedimento que preservaram alguma relação com os conceitos.

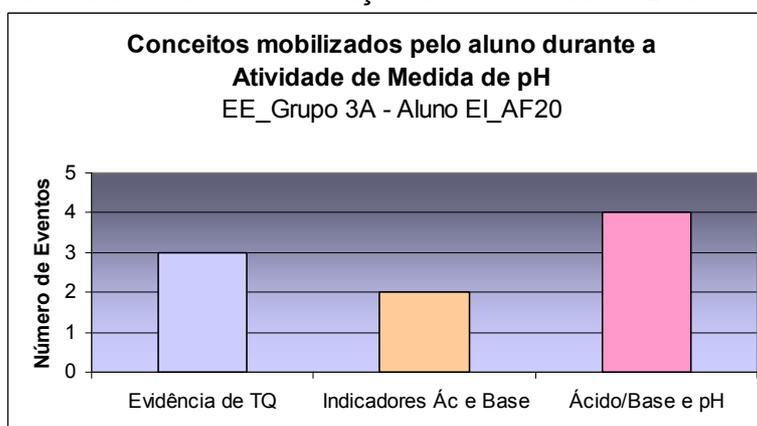
Durante a realização dos experimentos, muitos termos relativos aos conceitos são usados para indicar aos estudantes o que fazer. Estes termos aparecem no roteiro, na fala dos estagiários e professores e também na fala dos estudantes. De acordo com a linguagem química, alguns conceitos são também procedimentos e, os termos relacionados a esses conceitos aparecem com vários significados.

Como exemplo, podemos citar o experimento de determinação de oxigênio dissolvido na água. Nesse experimento, aparece o conceito de *solução saturada*, que nos remete aos termos: *saturação*, *saturou*, *não saturou*. Também podemos citar o conceito de *titulação*, que nos remete aos termos *titular*, *titulou*, *titulado*. Os gráficos 10, 11 e 12 mostram o número eventos, relacionados aos conceitos que aparecem nos relatos dos estudantes durante a realização dos experimentos em grupo e individual.

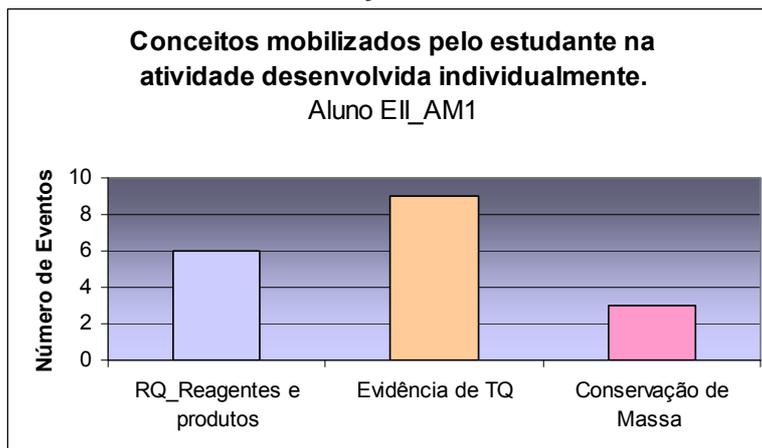
**Gráfico 10:** Número de eventos em relação aos conceitos na 1ª atividade em grupo.



**Gráfico 11:** Número de eventos em relação aos conceitos na 2ª atividade em grupo.



**Gráfico 12:** Número de eventos em relação aos conceitos na atividade individual.



Esses conceitos foram identificados nos áudios após a pré-análise. Buscamos identificar os conceitos que apareciam nos relatos dos estudantes sobre os experimentos de modo direto, a partir do uso do termo relacionado no relato, ou de modo indireto, sempre que foi possível inferir sobre a relação entre o conceito e o processo.

Tais conceitos foram identificados para todos os áudios e geraram gráficos, contendo informações sobre os conceitos mobilizados pelos estudantes durante as atividades experimentais. Esses gráficos, assim como as observações escritas durante a pré-análise, além dos gráficos de percentuais de tempo e os pequenos áudios gerados na pré-análise constituíram nos dados que construímos para a análise que será descrita, detalhadamente, no capítulo V.

## **Capítulo V – Análise dos dados: preparando a construção de episódios.**

Neste capítulo apresentaremos o detalhamento dos métodos de análise e a análise dos dados. Primeiro, analisamos os áudios gerados na pré-análise buscando identificar os conceitos ou as relações estabelecidas entre os conceitos e os procedimentos. Essa análise gerou gráficos que mostram os conceitos mobilizados pelos estudantes durante o processo. E, num refinamento dessa análise, verificamos em que nível tais conceitos foram mobilizados.

O nosso modelo de análise foi construído com base em dois referenciais. O primeiro trata da idéia de escala de tempo de ocorrência de episódios relacionados com a atividade humana, que foi proposta por JL Lemke (2000). O segundo trata de um sistema de nível de complexidade de processos cognitivos descrito por Von Aufschnaiter & Welzel, (1997). O referencial teórico para essas análises será apresentado a seguir.

### ***V.1 – Escalas de tempo representativo para atividades escolares.***

Para descrever episódios da vida humana em termos de momentos socialmente compartilhados, Lemke se baseia na escala de tempo dos acontecimentos. Para ele, toda atividade humana, desde as biológicas até as ações intencionais obedecem a uma escala de tempo característica. Nesse sentido, as batidas cardíacas, a respiração e a atividade cerebral obedecem a uma escala de tempo que tem um padrão em todos os seres humanos. Da mesma maneira, a articulação de um vocábulo em uma mesma língua também obedece a um padrão. E, também existem padrões para atividades que ocorrem numa escala de tempo maior, tais como uma conversa.

Essa teoria de escala de tempo está ancorada na teoria de sistemas clássica, que utiliza metáforas reducionistas para a compreensão de sistemas complexos. De acordo com essa teoria, grandes sistemas são analisados em termos de interações entre subsistemas, ou de componentes menores de um

sistema. Como exemplo, podemos recorrer ao comportamento dos materiais, que pode ser compreendido por meio de interações entre as suas partículas constituintes. Moléculas podem ser compreendidas em termos de interações entre átomos e, os átomos por meio das interações de partículas intra-atômicas menores e, assim por diante.

Lemke (2000) chama a atenção para o fato de que segundo a teoria de sistemas clássica, existe a suposição fundamental de que unidades mais próximas no espaço podem interagir mais fortemente. Segundo o autor, em muitos sistemas complexos esta suposição não é verificada, pois podem ocorrer interações mais fortes entre dois pontos distantes ao longo do mesmo fluxo, do que entre dois pontos não unidos pelo fluxo. Um exemplo, usado pelo autor foi o de duas células distantes se comunicando quimicamente na circulação sanguínea. Um outro exemplo pode ser a interação atrativa elétrons-fônons que explica o comportamento dos supercondutores. Elétrons são emparelhados a centenas de nanômetros uns dos outros.

Transferindo essa idéia para as relações interpessoais humanas, nós podemos dizer que pessoas distantes fisicamente podem estabelecer uma conversa mais ativa via Internet do que outras que compartilham um mesmo local físico, tal como a mesma sala de trabalho. Assim, é possível afirmar que podem existir interações mais efetivas entre pontos distantes do que entre pontos próximos, num mesmo fluxo social de redes de comunicação.

A idéia de ligações entre pontos distantes de um mesmo fluxo foi discutida por Lemke com o objetivo de buscar alternativas para descrição de episódios do pensamento humano. Nesse sentido, o autor buscou a contribuição das teorias dinâmicas de sistemas complexos, segundo as quais a unidade fundamental de análise é um processo. Lemke, citando Andersen, Emmeche, & Finnemann-Nielsen (2000); Bar-Yam (1997), diz que os papéis dos participantes de um processo são definidos por escalas de tempo. Todo processo, ação, prática social, ou atividade acontece em algum padrão de escala de tempo. Sendo que os casos mais complexos podem ocorrer em mais de uma escala de tempo.

A escala de tempo de interação humana varia conforme a relação entre os sujeitos envolvidos, ou conforme o objetivo da interação. O tempo de um olhar pode levar uma fração de segundo, enquanto o tempo de pronunciar uma palavra e uma frase leva um tempo um pouco maior, mas continua numa escala de segundos. O tempo do relato de um evento ou de um caso pode ter uma escala de tempo em minutos, ou até em horas, conforme o caso. Relacionamentos humanos são construídos ao longo de um tempo, pois dependem de muitas dessas trocas. A evolução humana nos permitiu desenvolver uma gama de escalas de tempo em nossa interação com o outro e com o ambiente.

Um processo de mudança que ocorre muito lentamente pode não ser percebido ao longo da vida humana, pode ser interpretado como um fato constante. Isto explica, por exemplo, a dificuldade das pessoas em compreender os modelos de mudanças climáticas no Planeta. Lemke cita Bateson (1972), que diz: “*Mudanças muito lentas não produzem diferenças que fazem diferença*”. Mudanças lentas não causam impacto na vida humana que possa ser percebido no dia-a-dia.

A indústria cinematográfica recorre frequentemente à redução de escala de tempo para causar impacto. Um exemplo clássico é “The Time Machine” (1960), baseado no livro de H. G. Wells (1895) e dirigido por George Pal. Nesse filme, o protagonista sobrevive a uma explosão nuclear por causa da aceleração do tempo. Outro filme mais recente, que tratou da questão do aquecimento global e das mudanças climáticas foi “The Day After Tomorrow”, dirigido por Rolland Emmerich (2004). Nesse filme são mostrados diversos eventos catastróficos do clima numa escala de tempo reduzida de  $10^3$  anos para semanas ou dias.

Lemke propõe uma discussão sobre como os processos podem ser integrados por diferentes escalas de tempo. Ele desenvolve uma teoria detalhada sobre as implicações de múltiplas escalas de tempo para o estudo de atividades humanas. Essa teoria pode ser aplicada em sala de aula, para estudar o que acontece durante o tempo de uma atividade escolar. Segundo Lemke, tal teoria pode ser usada para determinar a escala de tempo

característica de processos e eventos que fazem parte de atividades de sala de aula.

Para ilustrar essa idéia de escala de tempo para os eventos ligados não apenas a atividade humana, como a atividade do universo, Lemke (2000) apresenta os dados que traduzimos e apresentamos na tabela 9. As escalas de tempo vão desde a atividade neural humana até longos períodos que se referem às mudanças planetárias e até universais.

**Tabela 9:** Padrão de Tempo de uma atividade escolar - Lemke (2000)

<b>Escala de Tempo Representativo para Educação e/ou Processos Relacionados.</b>			
<i>Processos Típicos</i>	<i>Escala de Tempo (seg)</i>	<i>Duração de Tempo</i>	<i>Eventos de Referência</i>
Síntese Química.	$10^{-5}$		Síntese no neurotransmissor.
Sinapse neural	$10^{-4}$		Ligação neural
Padrões de neurônios	$10^{-3}$		Processo Neural
Articulação Vocal	$10^{-2}$		Processo Multi-Neural
Expressão Vocal	$10^{-1}$		Formulação de uma frase curta, um monólogo.
Troca	1 – 10	Segundos/Minutos	Diálogo; relações interpessoais; Desenvolvimento situacional.
Episódio	2 – $10^2$	0 – 15 minutos	Unidade temática funcional; gênero de fala, educativa.
Uma Lição	$10^3 – 10^4$	1 hora	Gênero Curricular
Sequência de Ensino	$10^4$	0 – 2,75 horas	Gênero Curricular Macro
Dia Escolar	$10^5$	1 dia	Um dia letivo.
Semestre Curricular	$10^6$	11,5 dias	Unidade Temática
Tempo Curricular de um curso.	$10^7$	4 meses	Nível organizacional; unidades em escala de tempo.
Tempo de Vida Educacional.	$10^8$	0 – 3,2 anos	Nível organizacional; limite De planejamento institucional.
Mudança no Sistema Escolar	$10^9$	0 – 32 anos	Escala de Tempo Biográfica – Formação da Identidade.
Mudança de sistema mundial	$10^{10}$	0 – 320 anos	Escala de Tempo histórica; Novas Instituições.
Mudança Climática ou do Ecossistema.	$10^{11}$	3.200 anos	Culturas novas, idiomas; Limite de registros históricos.
Mudança Evolucionária	$10^{12}$	32.000 anos	Idade do Gelo
	$10^{13}$	320.000 anos	
	$10^{14}$	3,2 milhões de anos	Escala de Evolução humana
	$10^{15}$	32 milhões de anos	Dinossauros
	$10^{16}$	317 milhões de anos	Pangea (Era Paleozóica e Mesozóica)
	$10^{17}$	3,2 bilhões de anos	Origem da vida e do Planeta.
	$10^{18}$	32 bilhões de anos	Processos cosmológicos.

Nós realçamos na tabela as quatro escalas de tempo que dizem respeito ao nosso contexto de investigação. O nosso interesse se restringe as escalas de tempo dos eventos e episódios que foram analisados e relatados neste trabalho. Assim, realçamos o tempo de uma aula e de aplicação de uma atividade escolar que tem a duração entre  $10^3$  e  $10^4$  segundos.

Marcamos também os tempos de formulação de uma frase curta ou um monólogo, que corresponde ao relato de um pensamento que ocorre no momento da ação, em uma situação específica. E também o tempo para um diálogo, uma pergunta, uma resposta ou uma observação sobre o processo, que aparece nas relações interpessoais, no transcurso da atividade. Esses eventos que ocorrem em sala de aula, que podem levar ao desenvolvimento de conceitos, são eventos de curto tempo, que ocorrem numa escala de tempo entre alguns segundos até 1 ou 2 minutos. Esses eventos somados dão origem aos episódios relacionados com a aprendizagem, que têm uma duração de até 15 minutos.

Aplicando a idéia de que toda unidade de análise é um processo, Lemke propõe a seguinte questão: há padrões em processos emergentes de atividades em sala de aula? Lemke diz que todo professor ou estudante sabe que existem tais padrões. Segundo esse autor, nas salas de aula emergem rotinas, agrupamentos, interações típicas, rituais informais e declarações típicas, que são sustentados pelo uso de uma linguagem comum. Palavras e frases assumem significados especiais para aquele agrupamento particular de pessoas.

Lemke nos instiga a olhar para a sala de aula e pensar no que acontece durante o tempo das aulas. Quais seriam as escalas de tempo características dos processos e eventos que ocorrem em uma sala de aula, durante o tempo das atividades a que nós submetemos os alunos? Existem padrões típicos de pensamento no contexto do trabalho prático? Quais seriam os padrões de pensamento que ocorrem durante as atividades experimentais?

No presente trabalho, a nossa proposta inicial foi observar a sala de aula no contexto específico do trabalho prático e, verificar quais eram as

possibilidades de aprendizagem dos conceitos de Química nesse contexto. Durante a construção dos dados a partir dos áudios, verificamos que o tempo da atividade era distribuído em diferentes eventos. Para separar os eventos de pensamento relacionados aos conceitos e procedimentos foi necessário dividir o tempo dos áudios. Assim, buscamos em Lemke a possibilidade de encontrar um padrão de tempo para tais eventos cognitivos.

Para analisar os eventos em termos de escala de tempo, também foi necessário definir tais eventos em categorias e sub-categorias. Inicialmente, foram analisados os eventos relacionados aos conceitos e procedimentos, gerando pequenos eventos temporais. Esses eventos foram demarcados de acordo com as relações entre procedimentos e conceitos estabelecidas pelos estudantes. Esses eventos foram representados em gráficos e assim pudemos verificar quais foram os conceitos mobilizados pelos alunos. E, posteriormente, esses dados foram refinados em diferentes níveis de complexidade de pensamento para cada conceito separadamente.

## ***V.II - Níveis de Complexidade de processos cognitivos.***

Na perspectiva da evolução conceitual, encontramos a contribuição de Aufschnaiter & Welzel (1997) e Welzel (1998). Nesses trabalhos, os autores propuseram um modelo de análise com dez níveis de complexidade de pensamento para descrever a progressão das idéias dos estudantes em situações de aprendizagem escolar. Esse modelo foi usado pelos autores para interpretar protocolos de relatos dos estudantes, durante as atividades de um curso de Física.

De acordo com o Welzel (1998), o modelo de análise proposto, para descrever o desenvolvimento de ações cognitivas em termos de complexidade crescente, foi baseado na idéia de cognição situada. De acordo com Clancey (1993), a cognição ou aprendizagem situada ocorre pela integração da percepção e ação. Nesse sentido, a percepção, o pensamento e a ação ocorrem ao mesmo tempo, como coordenações coerentes de uma atividade. Nesse sentido, a aprendizagem é situada no contexto da ação.

O modelo heurístico de níveis de complexidade do pensamento permite descrever a evolução conceitual por meio de dez níveis de complexidade. Esse modelo foi usado por seus autores para analisar dados gravados em vídeo e em áudio, durante a aplicação de uma sequência de ensino de 15 atividades realizadas por 10 estudantes em Bremen, Alemanha. As atividades foram aplicadas em um curso de Física sobre eletricidade – eletrostática e circuitos elétricos. Essas 15 atividades foram desenhadas com um nível de complexidade crescente ao longo do curso e foram realizadas num período de 15 semanas.

Esse estudo foi desenvolvido durante o acompanhamento pelas pesquisadoras das discussões entre estudantes e entre esses e os professores, enquanto desenvolviam uma atividade relacionada aos fenômenos físicos elétricos. As autoras afirmam que não é possível avaliar a aprendizagem com base apenas em processos individuais, por isto, elas buscam evidências de aprendizagem nos contextos de interação entre os estudantes no momento em que tentam solucionar uma situação problema.

Durante o desenvolvimento das atividades, as falas dos estudantes foram gravadas em áudio. Posteriormente, as gravações foram transcritas e, nessa transcrição as falas dos estudantes foram interpretadas e quando necessário, elas foram também completadas para dar sentido às idéias formuladas. Essas idéias, formuladas a partir das falas dos alunos, é que foram submetidas à análise dos de níveis de complexidade.

As autoras dizem que durante essas atividades, nesse contexto, os estudantes passaram por dois períodos de desenvolvimento cognitivo. No primeiro, eles conseguiram perceber e descrever os fenômenos. No segundo, os estudantes trataram e explicaram estes fenômenos em termos de diferentes relações. A partir dessas relações é que as autoras estabelecem os diferentes níveis de complexidade das formulações dos estudantes em situações específicas de aprendizagem escolar.

Aufschnaiter & Welzel (1997); Welzel, (1998), a partir de seus estudos concluem que os alunos, envolvidos em tarefas que incluem ações e discussões, apresentam uma clara evolução dos níveis de complexidade

cognitiva ao longo da tarefa. Elas afirmam que os estudantes partem sempre de níveis mais baixos de para os mais complexos. No quadro 7 apresentamos a tradução da descrição das autoras do sistema de níveis de complexidade crescente de processos cognitivos.

**Quadro 7:** Níveis de Complexidade - Aufschnaiter & Welzel (1997).

Níveis de complexidade	DESCRIÇÃO
10°. Sistemas	Construção de redes estáveis entre princípios e variáveis de um sistema.
9°. Redes	Variação sistemática de um princípio de acordo com outros princípios.
8°. Conexões	Vínculos entre vários princípios com as mesmas ou diferentes propriedades variáveis.
7°. Princípios	Construção de co-variações estáveis de pares de propriedades.
6°. Programas	Variação sistemática de uma propriedade de acordo com outras propriedades estáveis.
5°. Eventos	Vínculos entre as propriedades estáveis dos objetos da mesma classe ou de classes diferentes.
4°. Propriedades	Construção de classes de objetos com base em seus aspectos comuns ou diferentes. Classificação do objeto.
3°. Operações	Variação sistemática dos objetos de acordo com os seus aspectos.
2°. Aspectos	Vínculos entre a identificação dos objetos e suas características específicas.
1°. Objetos	Construção de distinções estáveis de figuras (imagens). Identificação dos objetos.

As autoras dizem ainda que esse progresso dos níveis de complexidade não é linear, pois ao longo da tarefa o estudante recua e avança cognitivamente, até estabilizar. Por isto, é recomendável que as atividades de ensino envolvam os estudantes em situações que demandem inicialmente níveis cognitivos mais simples e depois os mais abstratos, procurando orienta-los para o desenvolvimento dos conceitos da ciência.

Nos trabalhos de Aufschnaiter & Welzel (1997); Welzel, (1998), os exemplos por elas discutidos não caracterizam todos os dez níveis propostos no sistema de níveis de complexidade crescente de processos cognitivos. Talvez isto aconteça porque os níveis mais altos indicam um domínio mais completo de determinado conhecimento e, nesse caso, não ocorre em

aprendizes de determinado conteúdo.

A figura 7 mostra um exemplo de diferentes níveis de complexidade do pensamento de uma estudante, durante o desenvolvimento de uma sequência de atividades sobre eletricidade estática. A sequência de eventos temporais, mostrada na figura, representa o desenvolvimento da cognição situada da estudante, em um domínio específico.

**Figura 7:** Níveis de Complexidade das idéias dos estudantes no decorrer do tempo da atividade - Aufschnaiter & Welzel (1997)

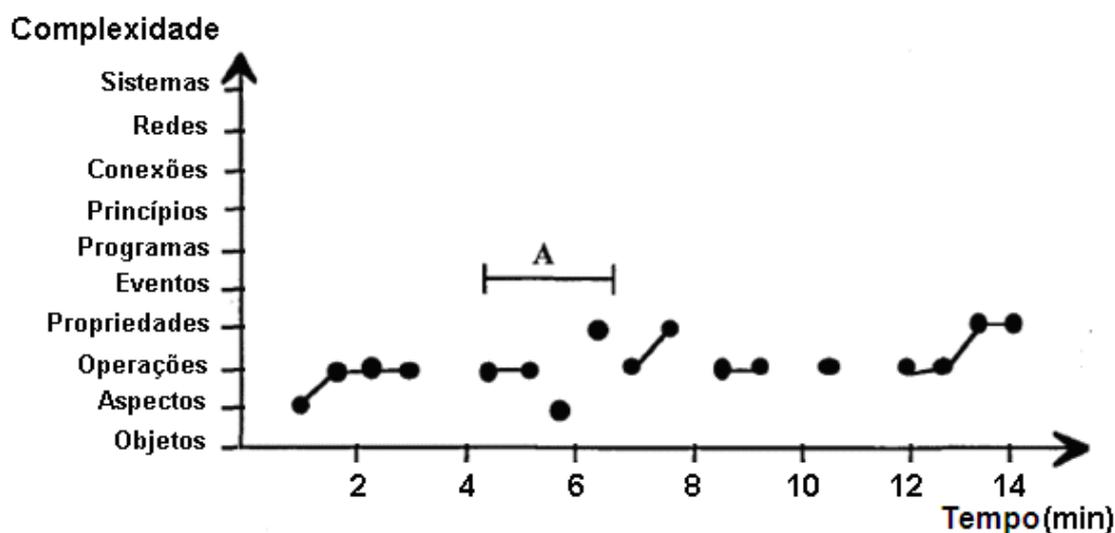


Gráfico: Níveis de Complexidade por Tempo - Aufschnaiter & Welzel (1997) - Tradução minha.

Os níveis de complexidade mais altos devem ocorrer apenas nos processos cognitivos de especialistas. Os cinco primeiros níveis parecem ser caracterizados por descrições do objeto e do contexto. Até o 5º nível não são descritos processos, mas os objetos, suas propriedades e algumas relações entre elas. Os níveis mais altos parecem se caracterizar mais por descrições de processos e pelas propriedades relacionadas aos processos. Nesse sentido, o progresso dos níveis de complexidade dos processos cognitivos parecem se caracterizar por um aumento progressivo das relações entre o objeto, suas propriedades e as variações do sistema.

Este desenvolvimento cognitivo foi definido em termos da complexidade crescente de sucessões de idéias em uma escala de curto tempo. Cada ponto marca o início de um evento que representa a reconstrução das idéias da aluna sobre determinado conceito. Tais eventos

não ocorrem de maneira contínua, mas ao serem relatados como uma sequência de idéias, eles reconstroem um episódio de pensamento da estudante sobre tal conceito.

Em nosso trabalho, as atividades não foram definidas previamente por níveis de complexidade crescente, pois esse não era o propósito do projeto de tese. Por isto as atividades não envolviam níveis de complexidade crescente, previamente definidos para aplicação desse modelo de níveis de complexidade cognitiva. Essa idéia surgiu no decorrer do processo de análise, como uma alternativa para descrição de episódios em termos dos relatos de pensamento dos estudantes.

As atividades do Projeto Água em FoCo, desenvolvidas pelos nossos estudantes, foram constituídas por aplicações de diferentes conceitos para determinada finalidade. O que buscamos saber foi como os estudantes lidaram com tais conceitos durante o desenvolvimento dos procedimentos e o tipo de relação entre eles.

Em nossa análise, identificamos os conceitos mobilizados pelos estudantes, o que categorizamos como eventos de pensamento sobre o conceito. Os eventos foram demarcados em termos do tempo de ocorrência e de níveis de complexidade para o relato dos episódios.

De acordo com Aufschnaiter & Welzel (1997), quando a complexidade das idéias de um estudante é medida numa escala de tempo curto, num contexto específico, é possível reconstruir o desenvolvimento dessas idéias em termos de diferentes níveis de complexidade. Nós aplicamos essa teoria para analisar os relatos de pensamentos gravados em áudio durante as atividades experimentais. Ao longo desses relatos, buscamos os eventos de curto tempo relacionados a cada um dos conceitos envolvidos, para construir os episódios que evidenciam o desenvolvimento dessas idéias.

Nos episódios relatados, evidenciamos pelo menos três etapas distintas de desenvolvimento: a de reconhecimento, de observação e de explicação. Na primeira etapa, os estudantes reconhecem e descrevem, com ajuda do roteiro e das instruções, o objeto de estudo, os materiais necessários e os procedimentos. Na segunda etapa, os alunos descrevem os

fenômenos observados durante o experimento. E, na terceira etapa, eles tentam entender e explicar os fenômenos em termos de relações diferentes.

Os diferentes níveis de complexidade do pensamento dos estudantes podem ser percebidos pelo número de elementos que eles agregam às relações que constroem, a partir de suas observações dos fenômenos. Ao reconhecer um objeto, o estudante pode focalizar seus diferentes aspectos, estabelecendo diferentes relações. Por exemplo, se o roteiro indica que deve se retirar 3 mL da amostra de água, usando uma seringa, o propósito de se usar a seringa e não outro instrumento, pode ou não fazer sentido para o estudante.

A focalização dos aspectos dos objetos dentro de um contexto específico indica que o estudante está operando com a distinção de características pertinentes ao contexto. Algumas destas características são propriedades de uma classe de objetos naquele contexto. Por exemplo, os instrumentos de medida de volume, todos medem volume, mas se distinguem pela precisão maior ou menor das medidas. E, a necessidade de precisão maior ou menor de um instrumento de medida está relacionada aos conceitos mobilizados nesse contexto específico.

Os eventos temporais foram definidos pela demarcação do tempo do áudio nos quais identificamos algum tipo de construção cognitiva estabelecida pelos estudantes. Esses eventos foram categorizados de acordo com as relações estabelecidas pelos estudantes entre os objetos e suas propriedades, entre os procedimentos e os fenômenos e também entre os fenômenos e os conceitos relacionados ao fenômeno.

Para descrever os episódios, inspirados no modelo dos níveis de complexidade cognitiva de Aufschnaiter & Welzel (1997), definimos 5 níveis de complexidade para o desenvolvimento das idéias dos estudantes no contexto das atividades experimentais. O primeiro nível ocorre na etapa de reconhecimento do contexto e do objeto de estudo. O estudante identifica os materiais e objetos que irá manipular e descreve o procedimento de acordo com o roteiro e as orientações dos estagiários.

O nível de identificação do objeto ocorre no primeiro contato entre o

estudante e o objeto de estudo no contexto do experimento. O relato de pensamento indica que o estudante identifica os conceitos e procedimentos, reconhecendo o que deve fazer e o que deve usar durante o processo. O primeiro nível de pensamento do estudante neste contexto específico é, portanto, uma primeira aproximação do uso de um conceito para realizar uma atividade prática. Nesse nível o estudante faz um relato sobre os objetos e materiais usados e sobre o procedimento.

De acordo com a teoria dos níveis de complexidade de Aufschnaiter & Welzel (1997), um segundo nível é definido pelos aspectos do objeto de estudo ou, pela relação entre a identificação do objeto e suas características específicas. Nós definimos como pensamento do segundo nível, os indícios de que o estudante identifica as características dos conceitos e procedimentos, demonstrando compreender porque fazer determinadas ações e usar determinados objetos e materiais. Nesse nível o estudante faz um relato sobre as suas observações durante o processo.

O terceiro nível definido por Aufschnaiter & Welzel (1997) é o das operações, que ela define como uma variação sistemática do objeto de acordo com os seus aspectos. Em nossa análise, no terceiro nível, os estudantes operam com os conceitos e procedimentos ao mesmo tempo. Os seus pensamentos são definidos pelo estabelecimento de alguma relação entre os conceitos e procedimentos durante a ação. Ou seja, o estudante deve operar com os conceitos ao executar os procedimentos. Nesse nível, o estudante faz um relato sobre os procedimentos e observações que envolvem conceitos.

O quarto nível para Aufschnaiter & Welzel (1997), se refere as propriedades do objeto, ou a classificação dos objetos com base em aspectos comuns ou diferentes. Em nossa definição, nesse nível, o estudante consegue definir algumas propriedades do conceito ou demonstra aplicar o conceito ao procedimento. Ele desenvolve o procedimento, demonstrando entendimento sobre o que está fazendo. Nesse sentido, o estudante planeja as suas ações de acordo com o seu entendimento do conceito. Nesse nível, o estudante faz um relato sobre os procedimentos e observações que envolvem conceitos, acrescentando as suas conclusões.

Nós definimos como quinto nível de complexidade do pensamento do estudante, o evento no qual ele usa o conceito para relatar o seu pensamento sobre o procedimento ou sobre o fenômeno. Ele fala sobre o que fez, sobre as observações e sobre os resultados obtidos no processo, usando termos conceituais em seus relatos. Entendemos que nesse nível, o estudante já se apropriou do conceito e já consegue compreender o seu significado naquele contexto específico. Nesse sentido, o conceito torna-se parte da linguagem na comunicação naquele contexto.

O quadro 8 apresenta um resumo das definições dos níveis de complexidade crescente do pensamento dos estudantes, que aparecem nos relatos de episódios desta tese. Esses níveis de complexidade nortearam a análise dos eventos que deram origem a tais episódios.

**Quadro 8:** Definição dos níveis de complexidade crescente do pensamento.

<b><i>Níveis de complexidade</i></b>	<b><i>Descrição dos eventos de pensamento.</i></b>
5º. Eventos	O estudante usa o conceito para relatar o seu pensamento sobre o procedimento ou sobre o fenômeno. Ele fala sobre o que fez, sobre as observações e sobre os resultados obtidos no processo. O estudante faz uso de termos conceituais em seus relatos.
4º. Propriedades	O estudante consegue definir algumas propriedades do conceito ou demonstra aplicar o conceito ao procedimento. Ele desenvolve o procedimento, demonstrando entendimento sobre o que está fazendo e relata a sua conclusão.
3º. Operações	O estudante identifica as características dos conceitos e procedimentos, demonstrando compreender por que fazer determinadas ações e por que usar determinados objetos e materiais. Relata observações sobre o processo.
2º. Características	O estudante demonstra dominar o procedimento e estabelece relação entre os conceitos e procedimentos. Ou seja, o estudante opera com os conceitos ao executar os procedimentos. Relata procedimentos e observações que envolvem o conceito.
1º. Identificação	O estudante identifica os conceitos e procedimentos, reconhecendo o que deve fazer e o que deve usar durante o processo. Relata o procedimento.

Analisamos as frações de relatos dos estudantes relativos a determinado conceito em intervalos com duração aproximada entre 30 segundos até dois minutos. A essa categoria de análise nós demos o nome de eventos de pensamento. Cada evento foi analisado de acordo com os

cinco níveis de complexidade de pensamento aqui definidos. Os eventos são pequenas porções do processo de relato de pensamentos, que preservam uma relação de coerência com o contexto de ação.

Para entender a natureza dinâmica de cognição durante o processo de aprendizagem em Química, nós levamos em conta a perspectiva de cognição situada de Clancey (1993) e as contribuições de Aufschnaiter e Welzel (1997), Welzel (1998) e Roth (1998 e 2002). De acordo com essa teoria, cognição e ação ocorrem ao mesmo tempo, pois aprender é inerente ao processo de ação. Tal perspectiva teórica teve implicações metodológicas para a pesquisa aqui relatada, principalmente na delimitação da unidade de análise. Nesse sentido, cada evento é uma unidade de análise. Assim, um evento foi definido como um processo de ação/percepção e conceitualização, na perspectiva de Clancey (1993).

Neste trabalho de tese, os relatos produzidos pelos estudantes durante a realização das atividades experimentais, que foram gravados em áudio, são representações de primeira pessoa. Para Clancey, uma representação de primeira pessoa é produzida pelo indivíduo no transcurso da ação. Após a organização dos dados em categorias e subcategorias, são gerados os relatos de episódios, que, de acordo com Clancey, são representações de terceira pessoa, pois foram feitos pela pesquisadora. Consideramos tais episódios como descrições de processos cognitivos desenvolvidos pelos estudantes.

Cada evento de pensamento se tornou uma unidade de análise, que foi categorizado em um nível de complexidade de pensamento. A nossa unidade de análise foi um processo, no qual as ações e os relatos dos estudantes ocorrem simultaneamente. Assim, de acordo com a teoria da cognição situada, nós assumimos que as sucessões de ações dos estudantes geraram episódios de pensamento. Consideramos tais episódios como evidências de processos cognitivos.

Para analisar tais episódios de pensamento, buscamos na teoria de conhecimento em pedaços, desenvolvida por diSessa (1993 e 2002), suporte para interpretar os possíveis processos de evolução conceitual que puderam

ser evidenciados pela teoria de complexidade crescente do pensamento. Tentamos identificar os pedaços de conhecimento que os estudantes mobilizaram e integraram para entender os fenômenos, verificando se continham características de p-prims ou de classes de coordenação, que pudessem determinar possíveis evidências de processos de evolução conceitual.

## **Capítulo VI – Relatando e interpretando episódios de evolução conceitual.**

Os episódios relatados neste trabalho foram definidos a partir da análise dos eventos temporais, que resultaram da análise de níveis de complexidade do pensamento dos estudantes. Tais eventos forneceram indícios da ocorrência de algum tipo de pensamento sobre os conceitos relacionados ao objeto de estudo no contexto das atividades experimentais. Foram identificados dois tipos de eventos: o primeiro ligado apenas ao procedimento e o segundo, que relaciona os conceitos aos procedimentos.

Os eventos relacionados apenas aos procedimentos foram categorizados no primeiro nível de complexidade do pensamento. Os demais eventos foram categorizados entre os níveis 2 e 5, conforme o maior ou menor grau da complexidade das relações estabelecidas entre os procedimentos e os conceitos. Esses eventos temporais obedecem a um padrão de escala de tempo que, de acordo com Lemke (2000) são representativos de processos relacionados à educação escolar.

O padrão de tempo para atividades escolares está representado na tabela 9. O tempo das atividades gravadas em áudio variou entre 20 minutos e uma hora. Este tempo, como relativo à escala de tempo para uma lição escolar. O tempo dos eventos de pensamento variou entre 30 segundos e 2 minutos, correspondendo na tabela ao padrão de desenvolvimento de uma situação ou uma troca interpessoal. A sequência desses eventos foi traduzida em episódios de pensamento, que tiveram uma duração de tempo que variou entre 5 e 15 minutos, correspondendo a escala de tempo definido para um episódio de um tema específico.

Esses eventos não ocorrem de maneira contínua ao longo do desenvolvimento da atividade. Mas, ao juntamos os eventos relacionados a um dos conceitos envolvidos na atividade em uma sequência, foi possível construir um relato da sequência de idéias relatadas pelos estudantes sobre tal conceito. Essas sequência de eventos temporais, apresentadas na forma de relatos de episódios, forneceram alguns indícios de evolução conceitual.

### ***VI.1 – Relato do Episódio 1: Parece que saturou, mas não saturou.***

O conceito tratado nesse episódio foi solução saturada e os seus correlatos: solução, solubilidade, dissolução, dissolver e dissolvido. Ao todo, o termo ou os seus correlatos aparecem 16 vezes no roteiro e foi usado 11 vezes nas falas de orientações dos estagiários durante o processo. Os tempos demarcados para o episódio foram os eventos de relato de pensamento considerados mais significativos durante a análise. Nesse relato de episódio, foi descrita a sequência de pensamentos de um aluno sobre o conceito de solução saturada, durante a atividade experimental.

O episódio que escolhemos relatar ocorreu no grupo 4 da Escola II, EII\_G4. Havia 5 participantes no grupo, sendo duas meninas e três meninos. Os alunos receberam códigos para mantermos a sua identidade em sigilo. O relato do episódio teve como foco o aluno relator do grupo EII\_AM10 e durante o relato o chamaremos de Teo.

Esse episódio ocorreu durante os primeiros 27:31 min da gravação do experimento da determinação de oxigênio dissolvido em água. A gravação durou ao todo 60:03 min. Descontando o tempo de conversa paralela ou o tempo dedicado a outra discussão que não fez referência a esse conceito em particular, o tempo total do episódio foi de 12:34 min. Tais eventos foram representados de forma resumida no quadro 9.

**Quadro 9:** Resumo do Episódio sobre solução saturada do aluno AM10 da Escola II.

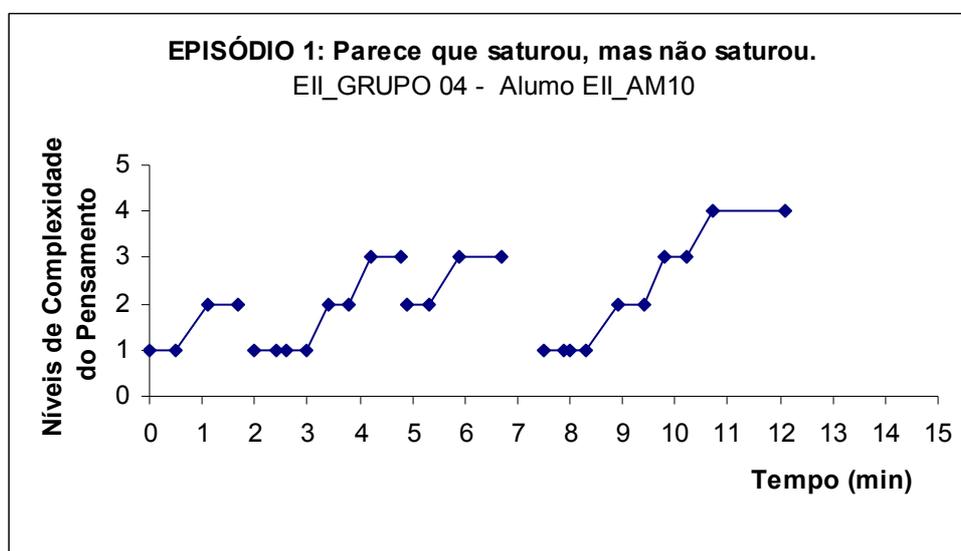
Refinamento dos dados – Aluno EP_AM10 – TEO					
TEMPO (s)	Proc.	Conc	EVENTOS	Nível	COMENTÁRIO
5:50 - 6:45 = 55s	X		<i>O que é béquer? É para medir na proveta. Qual é a proveta?</i>	1º	Identificando os objetos, materiais e procedimento.
8:09 - 9:06 = 57s	X		<i>A gente vai fazer isso para determinar o oxigênio dissolvido na água.</i>	2º	Relacionando o procedimento com os seus objetivos.
9:06 – 9:36 = 30s	X		<i>Então, a gente está pegando a outra água e a gente vai preparar uma solução saturada de sulfato manganoso.</i>	1º	Repetindo as instruções do roteiro e/ou dos estagiários.
14:07 – 14:20 = 13s	X		<i>Estamos colocando água num béquer (...) Agora vamos colocar o sulfato manganoso para fazer a solução saturada de sulfato manganoso.</i>	1º	Repetindo as instruções do roteiro e/ou dos estagiários.
14:20 14:45 - 25s			<i>Mas o que é solução saturada? (...) Quanto que é pra colocar de sulfato manganoso?</i>	2º	Relação entre o procedimento e o conceito.
15:30 – 16:20 = 50s		X	<i>Ah, você tinha começado a falar o que é solução saturada, mas acho que não terminou ou eu não prestei atenção. (...)</i>	3º	Aplicação do conceito ao procedimento. Realiza o procedimento pensando com o conceito.
16:20 – 17:06 = 46s	X		<i>(...) a gente colocou uma colherinha de sulfato manganoso na água. Agora está formando uma coisa de cor branca (...)</i>	2º	Relato das observações feitas durante o experimento.
17:06 – 17:58 = 52s		X	<i>(...) Acho que está ficando mais transparente. Mas olha aqui, fica branco se a gente mexer. Acho que a gente tem que ficar mexendo.</i>	3º	Relacionando conceito e evidências. Enquanto o soluto está sendo dissolvido, a solução ainda não está saturada.
18:19 – 19:57= 98s	X		<i>E agora, o 3, retire e descarte 3 ml da amostra de água?</i>	1º	Repetindo as instruções do roteiro.
19:57 – 20:09 = 12s	X		<i>Então a gente agora vai tirar 3mL da amostra de água que a gente coletou mais cedo, pra colocar 3 mL da solução saturada de sulfato manganoso.</i>	1º	Repetindo as instruções do roteiro e/ou dos estagiários.
21:15 – 23:30 = 135s			<i>Aqui, nossa solução ficou transparente de novo, parecia que ela saturou, mas não saturou.</i>	2º	Relatando a observação.
24:30 – 25:23 = 53s		X	<i>(...) aí ela (a solução) tinha ficado transparente. Ele (o estagiário) falou pra colocar mais, a gente colocou, mas tá ficando transparente de novo.</i>	3º	Relacionando conceito e evidências. Se está ficando transparente novamente é porque ainda não saturou.
25:23 – 27:31 =128s	X		<i>(...) a gente colocou mais MnSO<sub>4</sub> e ficou parecendo iogurte, porque já dissolveu o máximo. Agora a solução está saturada.</i>	4º	Demonstrando domínio do procedimento e do conceito. Se já dissolveu o máximo possível, então a solução está saturada.
TOTAL: 12:34min					

Por meio dos instrumentos de coleta e análise dos dados que descrevemos neste trabalho de tese, identificamos alguns padrões de pensamento dos estudantes no contexto das atividades experimentais. Nesse sentido, cada episódio foi representado por um gráfico que relaciona os tempos do relato de pensamento com os seus níveis de complexidade. Os tempos de pensamento foram demarcados a partir do refinamento dos dados

obtidos por meio dos áudios. E os níveis de complexidade foram determinados de acordo com as relações que os estudantes estabeleceram entre os procedimentos e os conceitos, nesse contexto específico.

A partir dos eventos que foram descritos resumidamente no quadro 13, construímos o gráfico que representa os níveis de complexidade do pensamento do estudante durante a preparação da solução saturada. O tempo total em que o relato dos pensamentos ocorreu foi de 12:34 minutos. Mas, esse tempo não foi contínuo como pode ser observado no resumo.

**Gráfico 13:** Sequência das idéias de um estudante sobre o conceito de Solução Saturada.



O episódio descrito no gráfico foi constituído por 13 eventos relacionados ao conceito de solução saturada. Os eventos representados no gráfico 13 foram categorizados em diferentes níveis de complexidade do pensamento do estudante, que produziu o relatório analisado. A representação dos episódios por gráficos nos permitiu evidenciar alguns padrões para o desenvolvimento dos conceitos.

Neste gráfico, podemos observar que o episódio foi constituído por sequências de pequenos grupamentos de eventos. Em cada mudança no procedimento ou nas observações, o estudante iniciou o processo nos níveis mais baixos, voltando depois aos níveis mais altos, que foram aumentando do início para o final do episódio.

A seguir, apresentaremos o relato detalhado da análise de cada evento desse episódio, mostrando as interpretações e inferências que fizemos ao longo da construção do episódio.

**Evento 1 – 1º Nível – Tempo: (5:50 – 6:45 min) = 55s**

No início da gravação a estagiária está fazendo uma leitura do roteiro, que ela interrompe para explicar. Ela pergunta para a turma: *\_ Vocês sabem o que é solução saturada?*

Os alunos estão conversando nesse momento e ela chama a atenção da turma.

A estagiária explica: *Solução saturada é uma solução que a gente não consegue mais dissolver o soluto...*

Alguns alunos interromperam perguntando algo sobre o procedimento e após o atendimento aos alunos, a estagiária não retoma a explicação. Os alunos iniciam então o desenvolvimento do procedimento, lêem o roteiro e ao mesmo tempo manuseiam os materiais do KIT do Projeto Água em FoCo.

Os alunos devem separar a amostra de água a ser analisada. A estagiária explica que no dia do trabalho de campo eles irão coletar uma amostra da água da Lagoa da Pampulha para medir o oxigênio dissolvido. Mas, nessa aula, eles irão medir a quantidade de oxigênio dissolvido na água da torneira. A água foi colocada num balde para facilitar a coleta da amostra sem bolhas de ar.

Também devem preparar uma solução saturada de sulfato manganoso e, o primeiro procedimento a ser executado será medir o volume de água necessário ao preparo dessa solução. Alguns grupos dividem as tarefas e assim, os procedimentos de coleta da amostra e a medição do volume de água são feitos ao mesmo tempo.

Durante o início do processo, o pensamento dos alunos está no 1º nível de complexidade. Nesse nível, os estudantes obedecem às orientações do roteiro e dos estagiários, sem relatar idéias sobre os objetivos do procedimento ou sobre os conceitos relacionados ao processo. Eles estão pensando somente no que fazer.

Nesse episódio, os estudantes iniciam o experimento pela leitura do roteiro e antes de concluir a primeira página começam a conversar sobre o procedimento. Eles dividem as tarefas, e uma aluna do grupo, que chamaremos de Nina, se oferece para buscar a amostra de água. Teo lê o roteiro, identificando os reagentes nos frascos e pacotinhos do KIT.

Para o preparo da solução saturada é preciso medir o volume na proveta e colocar a água no béquer. Depois de ouvir a estagiária e ler as instruções do roteiro Teo pergunta: *o que é béquer? É para medir na proveta. Qual é a proveta?*

Nesse momento o aluno tenta reconhecer os materiais e objetos que serão usados para a realização do procedimento. Ele estabelece um contato de primeiro nível com o contexto, ainda seguindo as instruções, mas já tentando organizá-las de modo operacional. Podemos inferir que ele está pensando sobre o que deve fazer, ainda não está pensando sobre o porquê de fazer de determinada maneira. Esse é um pensamento de 1º nível.

**Evento 2 – 2º Nível – Tempo: (8:09 – 9:06) = 57s**

Os estudantes do grupo 4 demoram cerca de um minuto para identificar os instrumentos de medida e executar a medida do volume de água necessária ao preparo da solução. Depois da água medida, Teo volta a ler o roteiro. Ele interrompe a leitura algumas vezes para explicar o que está entendendo sobre o procedimento. Em uma dessas paradas ele diz: (...) *a gente não falou até agora o que a gente está fazendo. A gente vai fazer isso para determinar o oxigênio dissolvido na água.*(...)

Esse evento foi considerado como de 2º nível, pois Teo parece relacionar o procedimento com os seus objetivos. Podemos inferir que, Teo está pensando não apenas no que fazer, mas também sobre as razões para que os procedimentos sejam aqueles e não outros.

**Evento 3 – 1º Nível – Tempo: (9:06 – 9:36) = 30s**

O grupo conversa enquanto espera. Teo continua o procedimento e em determinado momento diz: *A Nina está enchendo um frasco de água sem bolhas. Quando ela voltar a gente vai fazer uma solução saturada de sulfato manganoso. (...) Agora ela voltou com a água. Ai, tem uma coisinha preta aí dentro. Não vai dar problema?*

Nina: *não vai não, já mostrei lá, o problema é só oxigênio, não pode ter bolhas.*

Parece que Nina está pensando sobre o fato de não poder ter bolha e, portanto, mais oxigênio na água. Ela tem um pensamento de 2º nível com relação ao procedimento, mas Teo não parece perceber isto.

Teo diz: *Então, a gente está pegando a outra água ali e a gente vai preparar uma solução saturada de sulfato manganoso.*

Teo segue descrevendo o que será feito com base nas instruções do roteiro, ele está pensando apenas no que fazer e, por isto, consideramos que seja um pensamento de 1º nível.

**Evento 4 – 1º Nível – Tempo: (14:07 – 14:20) = 13s**

Os colegas do grupo conversam enquanto esperam a amostra de água. Em 3 momentos Teo repete para os colegas a instrução sobre o preparo da solução saturada de sulfato manganoso. Ele parece usar essa estratégia de repetição para se apropriar do procedimento, fala sem ler, indicando a sequência dos procedimentos.

Teo descreve o que estão fazendo:

– *Estamos colocando água num béquer (...) E agora é o que? Ele continua: Agora vamos colocar o sulfato manganoso para fazer a solução saturada de sulfato manganoso.*

Embora o estudante tenha feito uma descrição sem ler, essa é uma descrição de primeiro nível, baseada no roteiro e nas instruções dos estagiários, ele não faz nenhum comentário adicional.

**Evento 5 – 2º Nível – Tempo: (14:20 - 14:45) - 25s**

A conversa paralela continua. O estagiário 1 se aproxima do grupo e diz: *Oi gente, presta a atenção! Para fazer a solução saturada, coloque primeiro a água e depois vai colocando o sólido. Alguns alunos fizeram o contrário, primeiro colocaram o sólido todo, e aí passou do ponto.*

Em seguida Teo pergunta: *mas o que é solução saturada?*

Parece que ele faz a pergunta para si mesmo, é como se pensasse alto. O estagiário já havia ido para outro grupo e os colegas estavam conversando.

A conversa continua.

Teo pergunta: *quanto que é pra colocar de sulfato manganoso?* Essa pergunta é de procedimento, mas ela está relacionada com o conceito de solução saturada, que o estudante perguntou anteriormente e ainda não foi respondido. Podemos inferir que ele estabeleceu alguma relação entre a quantidade do soluto e o fato de a solução ser saturada. Ao perguntar sobre o que seria solução saturada, na verdade ele já queria saber a quantidade de sulfato manganoso que deveria dissolver para obter a saturação da solução.

Neste evento, Teo relaciona o procedimento de preparo da solução saturada com o mesmo conceito. Podemos considerar, portanto, que este seja um segundo nível de complexidade do pensamento, pois ele ainda não tem plena consciência da relação que estabelece.

Esse tipo de pensamento pré-consciente parece ser um candidato a *p-prim*. Embora tenha declarado não saber o que era solução saturada, Teo não parece estranhar os procedimentos de preparo da mistura ou da solução. Podemos inferir que o estudante tenha algum conhecimento do que seja solução e que o preparo de uma solução seja feito misturando o soluto em água.

**Evento 6 – 3º Nível – Tempo: (15:30 – 16:20) = 50s**

A estagiária diz: *\_ (...) vocês vão fazer assim, pegar uma colherinha de sulfato manganoso e dissolver aqui, até a solução ficar toda saturada.*

Nina pergunta: *\_ Uma colherinha?* Estagiária: *\_ É. E, em seguida pergunta: \_ Você sabe o que é Solução Saturada?*

Nina responde: *\_ Acredito que sim. Não, mentira, não sei não!*

Teo entra na conversa: *\_ AH! Você tinha começado a falar o que é solução saturada, mas acho que não terminou ou eu não prestei atenção. (...)*

Nessa observação o estudante revela que ele estava interessado em saber o que é solução saturada desde o início do processo. Ele percebeu a explicação da estagiária no evento 1 como inacabada e declara que não prestou atenção a explicação naquele evento. Esta fala do aluno é mais um indício de que ele está relacionando o conceito e o procedimento, o que indica um pensamento que nós categorizamos no 3º nível de complexidade.

A estagiária diz: *\_ Então presta atenção agora. Solução saturada é aquela que atingiu a quantidade máxima do soluto que dissolve no solvente, nesse caso na água. Então qualquer quantidade de pozinho a mais que você colocar vai formar o corpo de fundo.*

Teo pergunta: *\_ Vai formar o quê?*

Estagiária diz: *\_ corpo de fundo, vai ficar aqui no fundo (apontando o fundo do béquer).*

Nesse episódio o termo “corpo de fundo” causou estranheza ao estudante. Isto nos permite inferir que se os termos que se referem ao preparo da solução, tais como *dissolver* e *solução* não fizessem algum sentido para o estudante, ele também poderia ter se manifestado.

Podemos pensar que o estudante já tivesse um conceito intuitivo sobre dissolução, independente do conhecimento escolar, pois em geral as pessoas têm alguma experiência de dissolver algo. Esse conhecimento intuitivo sobre dissolução tem características de um p-prim.

**Evento 7 – 2º Nível – Tempo: 16:20 à 17:06 = 46s**

Teo diz: – *Então espera aí, deixa eu falar aqui* (refere-se ao MP4): - *A gente acabou de colocar uma colherinha de  $MnSO_4$ .* (Ele dita a fórmula)

Nina interrompe: *\_ qual é o nome disso?*

Teo responde imediatamente: *\_ é sulfato manganoso* – e continua: *\_ A gente colocou uma colherinha de sulfato manganoso na água. Agora está formando uma coisa de cor branca que parece...*

Nina diz – *sabe o que está parecendo? É Leite de magnésia.* (...)

Mara diz *\_ Porque isso é sulfato de magnésio...*

Nina diz: *\_ não, não é magnésio, é manganês, manganoso....* (Risos).

Teo diz: *Está ficando mais claro, está dissolvendo.*

Teo observa que o soluto está dissolvendo, demonstrando compreender por que está adicionando o soluto ao solvente, pois a solução ainda não está saturada, o soluto ainda está dissolvendo. Assim, podemos pressupor que ele tenha um pensamento de 2º nível, pois ainda não tem plena consciência da relação que estabelece.

Novamente, se manifesta um pensamento pré-consciente, pelo qual o estudante parece estabelecer uma relação entre um conceito e uma característica do processo. Parece que o estudante está integrando um p-prim ao sistema de conhecimento que está começando a construir sobre solução saturada.

**Evento 8 – 3º Nível – Tempo: (17:06 à 17:58) = 52s**

Nina diz: *\_ Ta, e agora? E agora?* (Pergunta se dirigindo a estagiária) *Mas o que é que a gente tem que fazer agora?*

Nina diz se referindo a solução que foi preparada: *Está ficando transparente, ou é impressão minha?*

Teo diz: *\_ É o que estou pensando. Acho que está ficando mais transparente, mas olha aqui, fica branco se a gente mexer. Acho que a gente tem que ficar mexendo.*

Nesse caso, o aluno está relacionando o conceito com as evidências. Enquanto o soluto ainda está sendo dissolvido pelo solvente, é porque a solução ainda não está saturada. Consideramos esse como um pensamento de 3º nível de complexidade.

Nesse evento, o estudante está integrando p-primos para construir uma relação consciente entre *mexer para dissolver* e o preparo de uma solução.

**Evento 9 – 1º Nível – Tempo: (18:19 – 19:57) = 98s**

Teo está preocupado com o procedimento e diz: *\_Veja o que a gente tem que fazer agora. Temos que retirar 3 ml,...*

Nina: *Espera...*

Teo: *Retire e descarte 3 mL da amostra de água....*

Nina diz: *\_ Calma! Espera a estagiária.*

Mara diz: *Está ficando transparente.*

Nina diz: *\_ (...) é, daqui onde eu estou vendo está ficando transparente, olha dá pra ler do outro lado, olha (...) Isso não é transparente?*

Nina pergunta à estagiária: *\_É pra ficar transparente?*

A estagiária responde: *\_ Não, tem que ficar branco. É assim!*

Nina: *Dessa cor?*

Estagiária: *É, está saturada.*

Teo diz para a estagiária: *E agora, o 3? Retire e descarte 3 ml da amostra de água?*

Embora Nina tenha avançado na discussão sobre o que está acontecendo, Teo continua concentrado no procedimento e quer prosseguir. Ele segue repetindo as instruções do roteiro, o seu pensamento continua no 1º nível.

**Evento 10** – 1º Nível – Tempo: (19:57 – 20:09) = 12s

Estagiária explica: *\_ É preciso retirar para não transbordar, porque o recipiente está cheio.*

Nina pergunta: *- mas aí vai entrar ar?*

Teo pergunta: *\_ Mas não vai entrar oxigênio?*

A estagiária responde: *Não porque você vai tirar e colocar.*

Teo: *\_Ah, então não tem problema.*

Nina: *\_É porque eu tive a manha de tirar a amostra sem oxigênio.*

Teo continua: *\_Então a gente agora vai tirar 3mL da amostra de água que a gente coletou mais cedo, pra colocar 3 mL da solução de sulfato manganoso.*

Apesar de Teo estar fazendo observações sobre o procedimento de coleta da amostra de água, com relação a preparação da solução saturada ele continua repetindo as instruções do roteiro, por isto avaliamos como pensamento de 1º nível.

**Evento 11** – 2º Nível – Tempo: (21:15 -23:30) = 135s

Teo diz: *\_ Estamos retirando os 3mL de água pra colocar os 3 mL de...*

Estagiário 1 chega e pergunta. *\_ E aí, a solução está saturada gente? Não, não está. Ta vendo? Olha aí, ela está transparente. Tem que por mais um pouquinho do soluto.*

Teo responde: *\_ Mas estava saturada agora, há dois minutos, ela estava branquinha, agora ficou transparente de novo. É assim mesmo?*

Estagiário 1 diz: *É tem que por mais um pouco. Esse sólido é assim mesmo, ele dá essa idéia de que a solução saturou, mas não saturou.*

Teo chama a colega Nina e diz: *\_ Aqui, nossa solução ficou transparente de novo, parecia que ela saturou, mas não saturou. A colega aproxima. Ele repete: Olha aqui*

Nina, o professor disse que a nossa solução não saturou.

Teo continua: *\_ Aparentemente, a nossa solução não estava saturada porque ela ficou transparente de novo, e aí eu coloquei mais sulfato manganoso pra poder saturar. Acho que agora parece que a solução está saturada, porque ela ficou com aspecto branco de novo, e espero que continue assim por um tempo.*

Teo parece compreender que, enquanto o soluto dissolver e a solução ficar incolor, então será necessário adicionar mais soluto até que o sistema tenha um excesso do soluto. Ele compreende o procedimento, por isto categorizamos esse evento como de 2º nível de complexidade do pensamento.

**Evento 12 – 3º Nível – Tempo: (24:30 - 25:23) = 53s**

O grupo conversa. O estagiário 2 chega e diz: *oi e aí, tudo certo?*

Teo relata o que está acontecendo: *Oi! Não, não, a nossa solução ta ficando transparente sozinha. Quando o seu colega chegou aqui ele perguntou: é essa solução aqui? Aí ela tinha ficado transparente. Ele falou pra colocar mais sulfato, a gente colocou, mas ta ficando transparente de novo.*

Estagiário 2: *\_ Bom, nos outros grupos lá a gente colocou tudo.*

Teo: *\_ É pra virar isso aqui? Tudo? O estagiário 2 diz: É!*

*O estagiário 2 vai para outro grupo.*

Teo diz: *\_ Eu estou virando o  $MnSO_4$  na água. O cara mandou eu virar isso aqui na água.*

Miro diz: *assim a gente vai ter que colocar mais água. Agora está parecendo danoninho. (Risos).*

Nina: *Ta parecendo iogurte.*

Teo: *É, é isso iogurte. Agora acho que a solução vai saturar, não está dissolvendo mais.*

Teo relaciona o procedimento ao conceito, o que demonstra um pensamento de 3º nível.

Nesse evento, ao dizer que a solução está ficando transparente sozinha, Teo estava se referindo ao fato de que não estava mexendo para dissolver como fez anteriormente. Mesmo assim observa que o soluto dissolveu completamente. Novamente, Teo está pensando, fazendo integração de p-prims. A dissolução ocorre mesmo se ele não mexer o sistema e a solução não satura enquanto o soluto dissolve.

**Evento 13 – 4º Nível – Tempo: 25:23 – 27:31 = 128s**

O grupo continua falando sobre a aparência da mistura.

A estagiária se aproxima:

Nina diz: *mandaram a gente colocar tudo aqui dentro tá!?*

Miro – *o seu colega de óculos.*

Teo diz: *\_ Estava parecendo iogurte, mas já dissolveu o máximo. Agora a solução está saturada.*

Nesse evento Teo demonstra domínio do procedimento e do conceito. Ele está relacionando procedimento e conceito e formulando conclusões. Podemos inferir que ele pensa que, se o soluto não dissolve mais é porque já dissolveu o máximo

possível. Assim, ele conclui que a solução está saturada.

O estudante faz novas integrações de p-primos. Ele usa o conceito de dissolução, antes aparentemente intuitivo, associado com a idéia de quantidade máxima dissolvida. Podemos inferir que, intuitivamente, o estudante integra o conceito de dissolução e solubilidade, para entender o conceito de solução saturada.

O experimento prossegue, mas o preparo da solução saturada chegou ao fim. Por esse episódio, no qual acompanhamos o aluno EII\_AM10 (Teo) em seu relato de ações e pensamentos, pudemos verificar o desenvolvimento de suas idéias acerca do conceito de solução saturada no decorrer do processo. É fato que não podemos afirmar que o aluno aprendeu o conceito e domina o seu uso em diferentes contextos a partir desse experimento. Nem sequer podemos dizer que o aluno sabe definir o que seja solução saturada, e nem foi esse o nosso propósito.

De acordo com o modelo de desenvolvimento conceitual proposto por diSessa (1998), antes de declarar se o estudante domina determinado conceito, é necessário descrever os modos como ele usa esse sistema de conceitos para executar uma tarefa. Para esse autor, uma mudança conceitual é uma mudança na estrutura de convicção do sujeito.

Durante o relato de Teo, foi possível verificar que ele não sabia a priori como preparar uma solução saturada, mas ele possuía um conhecimento intuitivo sobre a dissolução. Ele relatou o que pensou durante o processo, demonstrando compreender ao final que, enquanto o soluto dissolve na água é porque a solução ainda não está saturada. Nesse sentido, podemos dizer que ele articulou as informações sobre o sistema e, de acordo com diSessa (2002), ele fez uma integração de p-prim a um sistema explicativo mais complexo, o que nos indica que houve uma evolução conceitual.

Nesse processo, foi possível apontar pelo menos três etapas de aproximação do estudante do conceito de solução saturada. Inicialmente, Teo reconhece que o preparo da solução saturada é parte do processo da determinação do oxigênio dissolvido na água. Ele também descreve, com ajuda do roteiro e das instruções, o preparo da dissolução do sulfato manganoso.

Na segunda etapa, o estudante descreve com clareza o que observa

durante as tentativas de produção da solução saturada. E, finalmente, na terceira etapa, ele quer saber o que é solução saturada para entender o quanto do soluto deve ser dissolvido no solvente durante o preparo da solução. Nesse sentido, podemos dizer que o estudante relacionou procedimento e conceito, o que demonstra que houve um aumento da complexidade de suas idéias sobre o conceito durante o processo.

A evolução conceitual pode ocorrer de diversas maneiras e em diversos contextos. Mas, podemos afirmar que os eventos de ensaio e erro, que ocorrem durante o processo de preparação de uma solução saturada, permitem aumentar o nível de complexidade do desenvolvimento das idéias sobre o que seja solução saturada. Podemos pensar que, este tipo de evento de pensamento aqui relatado depende de um contexto de observação.

Assim, podemos dizer que algumas habilidades específicas, que dizem respeito ao conhecimento sobre conceitos, que também são procedimentos, podem ocorrer com maior frequência no contexto do trabalho prático. Ou seja, a aprendizagem sobre algo que parece que saturou, mas ainda não saturou, deve ocorrer melhor no contexto de sua preparação.

Após a interpretação e análise desse episódio, acreditamos que podemos apontar o conceito de dissolução como um exemplo de p-prim em Química. *Dissolução* é um conceito intuitivo, mas ao mesmo tempo pode integrar um sistema mais complexo de conhecimento e funcionar como um conceito científico. A dissolução como uma experiência cotidiana produz um conhecimento que integra outros conhecimentos mais complexos, como por exemplo, o de *solução saturada*.

O nosso relato evidenciou alguns indícios de evolução conceitual, pois identificamos tanto um aumento dos níveis de complexidade de pensamento como também integração de p-prims. Em uma evolução conceitual, os p-prims deixam de funcionar como explicações isoladas e passam a fazer parte de um sistema complexo de explicação. Assim, podemos dizer que o conceito de solução saturada seja uma classe de coordenação, pois só é possível entender o que seja solução saturada integrando vários conceitos.

Podemos dizer que Teo fez integração de “p-prims”, construindo um sistema explicativo mais complexo para solução saturada durante o

experimento e, nesse sentido ocorreu evolução conceitual. Mesmo assim, não podemos dizer que Teo apreendeu o conceito de solução saturada. Pois de acordo com diSessa (2002), para identificar uma classe de coordenação no sistema de conhecimento do sujeito, é necessário testá-lo em diferentes contextos.

## ***VI.2 – Relato do Episódio 2: Eu não sei o que é titulação, mas a gente vai ter que fazer isso.***

Este episódio foi construído a partir do mesmo áudio do episódio 1, gravado na Escola II (EII\_G4). O tempo total do áudio foi de 60:03 min e o episódio ocorreu a partir de 27:33 min até 57:52 min da gravação. O episódio foi construído a partir de 10 eventos de curto tempo, com duração entre 35 e 126 segundos. E o tempo total do evento foi de 14:58 minutos.

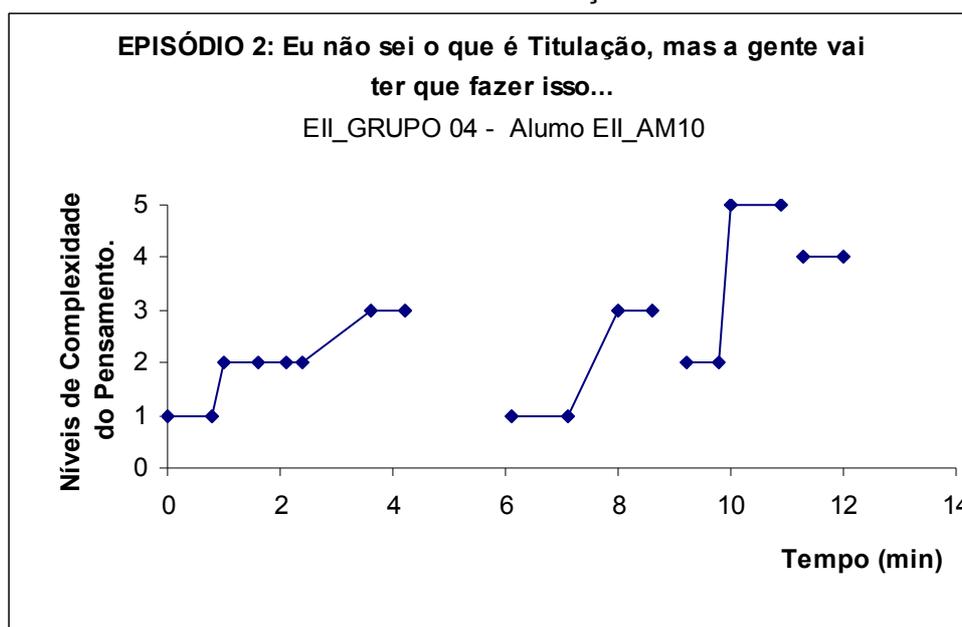
O aluno EII\_M10 que fez o relato sobre o processo de produção da solução saturada, também foi o relator desse episódio relacionado ao processo e ao conceito de titulação. O termo titulação e seus derivados (titule e titular) aparecem 5 vezes no roteiro e, durante a gravação, o termo apareceu 6 vezes nas orientações e explicações dos estagiários. O quadro 10 apresenta o resumo de eventos do episódio.

**Quadro 10:** Resumo do Episódio 2: Titulação - EII Grupo 4 – Aluno EII\_AM10 –

Refinamento dos dados – Aluno EP_AM10 – TEO					
TEMPO (S)	Proc.	Conc.	EVENTOS	Nível	COMENTÁRIO
27:33- 29:43 = 130'	X		<i>Ou, vamos ver o que a gente tem que fazer depois de alguns minutos. Retirar e descartar 3 ml da sol contida no frasco da amostra de (...)</i>	1º	Identifica o que fazer a partir do roteiro.
30:06 - 32:12 = 126'	X		<i>(...) Eu não sei o que é titular, mas a gente tem que fazer isso (...)</i>	2º	Tenta identificar as características dos procedimentos e conceitos. O estudante não quer apenas fazer a titulação, ele quer saber o que é titular.
33:1133:46 = 35'	X		<i>Era pra gente colocar o KI antes ou depois de decantar?</i>	2o	Relaciona procedimento, suas características e finalidade. A ordem da adição dos reagentes pode interferir no processo.
33:54 - 35:05 = 71'	X		<i>(...) Aqui fala pra colocar o KI antes de deixar em repouso, antes de agitar até.  (...) Então aqui está errado?</i>	2º	Pensa sobre a possibilidade de algum erro no procedimento, tenta entender os conceitos e busca argumentos para defender a sua idéia.
36:06 - 36:50 = 44'		X	<i>Por que não está decantando, por exemplo!?  O que é titular?</i>	2º	Tenta compreender as características do procedimento, estabelecendo alguma relação entre procedimento e conceito.
41:45 - 42:30 = 45'	X		<i>A gente acabou de colocar ácido sulfúrico na solução que estava com o KI. Agora a gente tem que tirar 20 mL dessa solução e colocar essa solução amarela.</i>	1º	Segue o roteiro para executar o procedimento, preocupado somente com o que fazer.
46:06 - 47:44 = 98'		X	<i>E o que é titular que até agora eu não entendi?</i>	3º	Tenta compreender as características do procedimento, estabelecendo relação entre o procedimento e conceito.
47:44 - 49:48 = 124'	X		<i>E agora a gente vai titular com o Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. A gente vai ter que pingar gota por gota até ficar incolor...</i>	2º	Segue o roteiro para executar o procedimento, preocupado somente com o que fazer.
49:49 – 51:55 = 126'	X		<i>Deu aproximadamente 26 gotas, porque eu escorreguei a mão. Agora a gente vai fazer a titulação mais uma vez.</i>	5º	Demonstra compreensão sobre o que seja titulação enquanto procedimento e usa o termo em sua comunicação com o grupo.
55:56 - 57:52 = 116'		X	<i>A concentração de oxigênio dissolvido na amostra de água que a gente pegou é aproximadamente 15,3 mg/L. Deu maior do que está falando aqui (...).</i>	4º	Pensa no objetivo da titulação, que é determinar a concentração de oxigênio dissolvido, calcula e relata a conclusão.
TOTAL: 15,3 min					

A partir dos eventos que foram descritos resumidamente no quadro10, construímos o gráfico que representa os níveis de complexidade do pensamento do estudante durante o tempo de desenvolvimento do procedimento de titulação. O gráfico mostra a sequência de idéias do estudante durante esse processo.

**Gráfico 14:** Níveis de complexidade do pensamento sobre titulação. Sequência das idéias de um estudante sobre o conceito de Titulação.



O episódio 2 foi construído a partir de 10 eventos de pensamento que categorizamos em diferentes níveis de complexidade, de acordo com as suas características. A seguir foi feito o detalhamento das análises e interpretações dos eventos para a construção do episódio.

**Evento 1 – 1º Nível – Tempo: 27:33 - 29:43 min**

Após a finalização do preparo da solução saturada, Teo retoma a leitura do roteiro e volta ao procedimento. Ele diz: *\_ Agora a gente está colocando a solução saturada de sulfato manganoso dentro da água e aconteceu uma coisa mágica. Ela espalhou toda e a água ficou toda branca. Agora a gente tem que agitar.*

Estagiário 1: *\_ Antes de agitar a gente vai colocar outra coisa aí.*

Teo pergunta: *\_ É para colocar o hidróxido de sódio? Mas aqui está falando que é para agitar antes.* Ele pergunta: *\_ Não vai transbordar não?*

Estagiário 1: *\_ Não, é só uma pastilhinha aqui. Deixa ver se eu consigo pegar uma pequena. Agora vocês vão ver o que vai acontecer...*

Teo diz: *\_ A gente acabou de colocar a solução saturada de sulfato manganoso (...)*

Estagiário 1 explica: *\_ Presta atenção! Vocês colocaram o sulfato manganoso, mas colocaram outra coisa também. O sulfato manganoso vai reagir com o oxigênio. Estão vendo que começa a turvar, começa a ficar escuro. Esse sólido que está formando aí é o óxido de manganês. (...) essa reação só ocorre em meio básico, e é por isto que, além do sulfato de manganês, a gente tem que adicionar o hidróxido de sódio. (...)*

Em seguida a explicação do estagiário Teo diz: *\_ Espera! Então, a gente tem que deixar a amostra em repouso por alguns minutos até decantar um material marrom, esverdeado, castanho...*

*Marrom, esverdeado castanho? Meu Deus do céu!*

...Risos. O grupo conversa um pouco sobre a aparência do sistema.

Nesse evento, Teo está atento ao roteiro. Ele está pensando em como fazer o

procedimento de acordo com o roteiro. Após a explicação do estagiário ele continua o procedimento, sem pensar sobre a reação do sulfato manganoso com o oxigênio em meio básico. O pensamento do estudante ainda está no 1º nível, ele está pensando apenas no que deve fazer.

**Evento 2 – 2º Nível – Tempo: 30:06 - 32:12 min**

Teo diz: *Ou, vamos ver o que a gente tem que fazer depois de alguns minutos. Retirar e descartar 3 ml da solução contida no frasco da amostra de água e adicionar com o auxílio de... 2 ml de ácido sulfúrico.*

Nina pergunta: *ácido sulfúrico é o quê?*

Teo responde: *\_ É H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.*

Os alunos do grupo conversam, fazem alguns comentários sobre o poder corrosivo do ácido sulfúrico.

Em seguida Teo diz: *\_ Espera, a gente vai colocar o ácido sulfúrico (...), depois a gente vai tirar 20 mL da solução e passar para o copo vazio (...) E a gente tem que titular a solução, eu não sei o que é titular, mas a gente vai ter que fazer isso. (...) Com tiosulfato de sódio (...) Titule... (...)*

O grupo conversa e Teo lê para Nina o que devem fazer: *\_ Titule a solução com tiosulfato de sódio.*

Depois Teo explica: *(...) É essa coisa amarela, ela vai ficar incolor. E a gente tem que repetir a titulação três vezes. E aí a gente vai determinar o oxigênio dissolvido na água obtendo o mesmo número de gotas gastas nas três titulações. Eu não sei o que é titular, mas a gente tem que fazer isso.*

Nesse evento, diferente do primeiro, Teo não está pensando somente no que fazer, mas também em entender o que é titulação. Ele repete algumas vezes que não sabe o que é titulação, demonstrando que está tentando compreender por que fazer tal procedimento. Ele está relacionando o procedimento ao seu objetivo, o que estamos considerando como um pensamento de 2º nível de complexidade.

**Evento 3 – 2º Nível – Tempo: 33:11 - 33:46 min**

Teo diz: *Oh gente, eu não vou poder colocar o ácido sulfúrico!?*

Em seguida pergunta para o estagiário 2: *\_ Agora, depois que a gente fez isso, o que é que a gente faz?*

Estagiário 2 responde: *\_ Espera decantar um pouco, depois tem que colocar o KI e eu vou colocar o ácido.* Depois de responder o estagiário 2 vai para outro grupo.

A estagiária se aproxima e Teo pergunta: *\_ Era pra gente colocar o KI antes ou depois de decantar?*

A estagiária ignora a pergunta de Teo e faz outra pergunta: *\_ Por que está demorando tanto pra decantar?*

Nina responde: *\_ Porque a gente não adicionou o KI*

Teo diz: *\_ É!*

Estagiária diz: *\_ O KI é depois.*

Ao preparar a solução saturada, Teo havia colocado um excesso de sulfato manganoso, agora ele observa que a decantação está demorando. Parece que ele está pensando que o procedimento pode não estar correto, porque estão esperando decantar antes da adição de KI. Teo está identificando as características do

procedimento. Embora ele não tenha argumentos suficientes para defender a sua idéia, ele está pensando que a ordem da adição dos reagentes pode interferir no processo. Esse é um pensamento de 2º nível de complexidade, pois relaciona o procedimento, as suas características e finalidade.

Por outro lado, Taber K. S. (2008) relatou que ao analisar um processo de reação entre dois reagentes, os estudantes, de um modo geral, atribuíram a um dos reagentes a "causa ativa" da reação, enquanto o outro era um agente passivo do processo. A idéia foi relacionada com a tentativa de identificar um agente externo responsável por causar a mudança química. Talvez esse também seja o problema de Téó, que ainda não conseguiu perceber o que se passa no interior do sistema e está atribuindo a causa das mudanças a fatores externos.

#### **Evento 4 – 2º Nível – Tempo: 33:54 - 35:05 min**

Teo recorre ao roteiro para verificar se não há algum erro no procedimento. Ele diz: *\_ Não. Olha aqui.* Ele lê: *\_ Em seguida adicione o KI disponível no saquinho, tampe o frasco e agite-o bem. Em seguida deixe a amostra em repouso por alguns minutos.* E continua: *\_ Então era para colocar o KI antes. Então vamos colocar.*

Nina diz: *\_ Não! Espera!* Ela chama o estagiário: *\_ Era para colocar o KI antes ou depois de deixar em repouso?*

Estagiário 2: *\_ Primeiro tem que decantar um pouquinho.* E, olhando para o sistema que o grupo preparou, continua: *\_ É parece que não vai decantar isso aqui não.*

Teo insiste: *\_ Não, porque aqui ta falando olha...*

Mara interrompe: *\_ É porque a gente colocou o sulfato manganoso todo e ficou muito leitoso.*

Estagiário 2: *\_ Não, não, todos colocaram tudo.*

Nina diz: *\_ Todos colocaram? Mas fica muito leitoso. Eles devem ter colocado o KI.*

Teo chama o estagiário apontando o roteiro: *\_ Olha aqui! Olha como está. Abra o frasco e adicione o hidróxido de sódio com a espátula ou a colher medidora. Em seguida adicione todo o iodeto de potássio disponível no saquinho, tampe o frasco e agite-o bem. Depois aqui fala, deixa a amostra em repouso e tal... Então fala pra colocar o KI antes de deixar em repouso, antes de agitar até.*

Estagiário 2: *\_ Não. Primeiro vamos deixar em repouso, depois vamos adicionar o KI, fica mais em repouso um pouquinho e eu venho com o ácido.*

Teo pergunta: *\_ Então aqui está errado?*

Estagiário 2: *\_ Não, não, errado não, mas tem que fazer uns ajustes.*

O grupo continua conversando enquanto espera a decantação.

Nesse evento, Teo está pensando sobre a possibilidade de algum erro no procedimento. Ele pensa sobre o procedimento, tentando entender os conceitos e busca argumentos para defender a sua idéia. Nesse momento, o seu pensamento está no 2º nível de complexidade, ele tenta compreender as características do procedimento. Ele poderia ter avançado mais se pensasse na reação que aconteceu no interior do sistema e que o estagiário explicou anteriormente. Ou, na possibilidade de ter excesso de algum reagente, como Nina sugeriu. Nesse momento, ele precisava de ajuda para alcançar um nível mais alto na complexidade de seu pensamento.

Nesse evento, parece que identificamos um p-prim semelhante ao que foi relatado por Taber K. S. (2008). Parece que o estudante está tentando identificar um agente externo responsável por causar a mudança química. Ele não pensa no que está acontecendo no sistema, mas sim na possibilidade de um erro de procedimento.

**Evento 5 – 3º Nível – Tempo: 36:06 - 36:50 min**

Estagiária chega e pergunta: *\_ O que vocês estão fazendo?*

Teo responde: *\_ Então. A gente está esperando decantar, e não tem nada pra fazer enquanto isto, por isto que a gente está conversando.*

A estagiária diz: *\_ E por que não aproveitam pra falar sobre o que estão fazendo e porque estão fazendo isto...*

Teo diz: *\_ Por que não está decantando, por exemplo!?*

Teo certamente está pensando sobre o que disse. Embora, ele tenha sido interrompido em meio a conversa paralela, a sua tentativa de entender o processo, que foi descrito no evento anterior, ainda está em seu pensamento.

A estagiária pergunta: *\_ E por que estão fazendo isso?*

Teo responde: *\_ Pra saber o quanto de oxigênio dissolvido tem na água da escola?!*

Estagiária continua perguntando: *\_ E como esse processo que estão fazendo vai levar a saber isso?*

Teo responde novamente: *\_ Através do número de gotas que a gente vai gastar na titulação.*

A estagiária diz: *\_ Isto mesmo! Estão todos aqui antenados assim?*

Nina diz: *\_ Antenado nada! Ele está lendo.*

Teo diz: *\_ Mas eu sei onde está a informação.*

A estagiária passa para o outro grupo e quando ela sai Teo pergunta em voz baixa: *\_ O que é titular?*

Nina pergunta mais alto (chamando a estagiária pelo nome): *O que é titulação?*

A Estagiária volta e responde para Nina, explicando o que é titulação. Mas, enquanto isto, os colegas do grupo voltam à conversa paralela, inclusive Teo, que havia perguntado anteriormente.

Teo perdeu a explicação da estagiária, que talvez o tivesse ajudado a pensar sobre as reações que estão acontecendo no sistema, ao invés de pensar somente no procedimento. Mas, ao perguntar por que não está decantando, e em seguida o que seria titular, ele demonstrou estar tentando operar com o conceito para realizar o procedimento. Embora a relação entre o conceito de titulação não esteja diretamente relacionado ao processo de decantação em particular, ele estabelece uma relação entre o procedimento e conceito, o que evidencia um terceiro nível de complexidade de pensamento.

**Evento 6 – 1º Nível – Tempo: 41:45 - 42:30 min**

Nina: *\_ Então titulação é uma reação?*

Estagiária responde: *\_ Sim, é uma reação, mas é uma reação que a gente faz com esse objetivo que eu falei, de medir o volume gasto da solução, para calcular a quantidade do soluto que reage. Sabendo a quantidade de um, a gente pode calcular do outro. (...).*

O grupo continua conversando enquanto espera a decantação que demora acontecer.

Teo observa: *\_ A água está decantando, quer dizer essa coisa está decantando aqui...*

Estagiário 2 diz: *\_ Agora é para colocar o KI. Coloca o KI todo aí dentro.*

Nina observa: *\_ Mas ainda não decantou tudo.*

Estagiário 2 diz: *\_ Mas já decantou melhor que o grupo de lá.*

O grupo conversa. (...) O estagiário 2 chega e diz: *\_ Faz o seguinte, pegue a seringa e tira 2 mL aí, porque está cheio e eu vou colocar 2 mL de ácido sulfúrico, aí se não tirar vai derramar, certo?*

O estagiário coloca o ac. sulfúrico e o grupo conversa sobre os efeitos do ácido sulfúrico na pele. E, após a adição do ácido, o grupo conversa sobre a aparência do sistema que mudou.

Teo chama a atenção do grupo novamente para o procedimento: *\_ Agora é sério, vamos falar sério aqui. O que a gente acabou de fazer? (...) A gente acabou de colocar ácido sulfúrico na solução que estava com o KI. Agora a gente tem que tirar 20 mL dessa solução e colocar essa solução amarela que parece cor de milho...*

Teo está pensando no procedimento. Ele não prestou atenção na explicação da estagiária para Nina sobre titulação. O seu pensamento está no primeiro nível, seguindo o roteiro para executar o procedimento. Nesse momento, ele pensa somente no que fazer.

**Evento 7 – 3º Nível – Tempo: 46:06 - 47:44 min**

Estagiário 1: *\_ E agora, vocês já sabem o que vão fazer aí?*

Teo responde lendo o roteiro: *\_ Tem que tirar 20 mL...(..)*

Estagiário 1 interrompe: *\_ Tá, mas o que vocês colocaram aí?*

Respondem em uníssono: *\_ Ácido sulfúrico!*

Estagiário 1: *\_ Não. Antes vocês colocaram o quê?*

Respondem novamente: *\_ Ah, o KI. Iodeto de potássio.*

Estagiário 1: *\_ Pois é, então foi o KI. Então, essa cor aí é do iodo que foi produzido.*

Nina observa: *\_ É por isso é que é dessa cor de urina.*

Estagiário 1: *\_ Na verdade o iodo está pouco concentrado, se tivesse muito concentrado, seria uma cor mais escura. O iodo é escuro, quase roxo. Mas pouco concentrado ele fica assim. Então, agora tem que titular esse iodo aí...*

Teo questiona: *E o que é titular que até agora eu não entendi?*

Estagiário 1: *Titular é determinar a quantidade de alguma coisa que reage. Então, nós estamos querendo chegar na quantidade de oxigênio dissolvido, não é!? Então, é isto que nós vamos medir. Depois vocês vão ver as reações e nós vamos explicar o que aconteceu, tá!?*

Teo diz: *tá!*

Nesse evento, Teo quer saber o que é titular. Ele tenta estabelecer relação entre o procedimento e o conceito. Titular é um procedimento, mas é também um conceito, por isto precisa ser compreendido para que seja executado corretamente. Esse é um pensamento que caracterizamos como de 3º nível. Teo está caminhando para compreensão da titulação enquanto procedimento.

**Evento 8 – 2º Nível – Tempo: 47:44 - 49:48 min**

Estagiário 1: *\_ Mas aqui, vocês vão fazer o que? Vão pegar 20 mL aqui com a*

*seringa. .. e aí depois vão titular gota a gota...*

Teo pergunta: *\_ Não tem problema tirar com a mesma seringa?*

Estagiário 1: *\_ Não, mas toda vez tem que lavar. E continua: \_ Vocês vão tirar 20 mL certinho, porque a titulação precisa de um mínimo de precisão né!? E depois, vocês vão adicionar gota a gota, contando o número de gotas.*

Nina pergunta: *\_ É pra tirar sem bolha ou com bolha?*

Estagiário 1: *\_ Aí você tem que tirar os 20 mL certinho. Tira um pouquinho mais do que os 20 mL com a seringa, depois descarta até chegar em vinte. Descarta no recipiente para os resíduos.*

Teo está concentrado no que fazer, mas se preocupa com as características do procedimento. Ele sabe que aconteceram reações, por isto pensa que o uso da mesma seringa para coisas diferentes pode provocar novas reações, que podem interferir no processo. O seu comentário sobre as características do sistema agora está além do que leu no roteiro. O seu pensamento está no segundo nível de complexidade. Ele está operando com um p-prim, pois ele já sabe que as misturas podem provocar mudanças no sistema que evidenciam reações. Podemos dizer então que a evidência de reação química seja um p-prim.

#### **Evento 9 – 5º Nível – Tempo: 49:49 – 51:55 min**

Teo diz: *Então a gente está transferindo essa solução com ac sulfúrico e alguma coisa... e agora a gente vai titular com o  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . A gente vai ter que pingar gota por gota até ficar incolor.*

Estagiário diz: *\_ É para fazer essa e mais duas vezes.*

Teo diz para o grupo: *\_ Então vamos fazer a titulação. Todo mundo contando. 1, 2, 3, 4, 5 (...)* Ele interrompe a contagem e diz: *\_ É até ficar incolor.* E continua: *\_ 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16...* Teo volta a interromper: *\_ Agora vai mais devagar 21, 22, 23, (...)* Contaram até 26.

O estagiário diz: *\_ Virou!?*

Teo diz: *\_ Deu aproximadamente 26 gotas, porque eu escorreguei a mão. Agora a gente vai fazer a titulação mais uma vez.*

Estagiário diz: *\_ Agora faz com mais cuidado, dá para saber o número de gotas certinho.*

Teo diz: *\_ A gente tem que fazer a titulação 3 vezes. Não pode descartar na pia. Cadê o frasco de resíduo?*

Teo diz para o grupo: *\_ Agora pode contar mais rápido no início.*

Eles contam até 26 novamente.

Durante o procedimento de titulação, Teo usa os termos titular e titulação para explicar o procedimento aos colegas. Ele também observa que o sistema muda de cor e que a reação se processa sempre com a mesma quantidade de reagente, que eles contam gota a gota. Ao dizer que pode contar rápido no início e depois ir mais devagar ao final, ele mostra que está pensando na quantidade que reage na titulação. Teo demonstra compreensão sobre o que seja titulação enquanto procedimento e usa esse termo em sua comunicação com o grupo, o que nós identificamos como 5º nível de complexidade do pensamento.

O termo titulação ou os seus correlatos também foi usado por Teo durante toda a entrevista, o que nos permitiu inferir que houve uma mudança de nível do seu pensamento com relação ao conceito, que inicialmente, e mais de uma vez durante o

processo, ele próprio declarou desconhecer.

**Evento 10** – 4º Nível – Tempo: 55:56 - 57:52 min

Após a titulação, Teo volta ao roteiro e diz: *\_ Então espera aí. Olha aqui! Apontando a apostila ele lê: \_ Esquema de interpretação do resultado experimental. Então diz: \_ Então vamos interpretar...*

Na apostila há uma tabela de conversão do número de gotas da solução de tiosulfato de sódio para a concentração de oxigênio dissolvido em mg/L.

Teo continua: *\_ O único problema é que aqui só vai até 21 gotas. A nossa ultrapassou, então tem q calcular. Então a concentração do oxigênio está maior do que 12mg/L. (...) A gente tem que calcular. (...) É regra de três. (...) Alguém tem calculadora? 21 gotas equivale a 12,4, então calculem (...) É 322,4, divide por 21, é (...) vai dar 15,3.*

Ao final dos cálculos, ele diz: *\_ A concentração de oxigênio dissolvido na amostra de água que a gente pegou é aproximadamente 15,3 mg/L. Deu maior do que está falando aqui...(...).*

Depois do cálculo o grupo discute um pouco as questões, que os conduzem a se lembrar do início do experimento. No áudio não aparece nenhuma discussão sobre a extrapolação do resultado até o final da gravação, que foi encerrada em 60:03 min. Mas, durante a entrevista, Teo retoma esse ponto e diz: *\_ Tinha que ser de 12 a 20 gotas, mas o nosso deu mais, e o de todo mundo deu mais também. Isto aconteceu porque a gente usou a água da torneira, que tinha um filtro de telinha que fazia entrar ar, por isto tinha mais oxigênio dissolvido do que o normal.*

Durante esse evento, Teo demonstra pensar sobre o objetivo da titulação, que é determinar a concentração de oxigênio dissolvido no sistema. Ao final, com a ajuda do roteiro, ele calcula a concentração de oxigênio dissolvido, demonstrando entendimento sobre o que está fazendo e relata a sua conclusão. Estas operações mentais, nós classificamos no 4º nível de complexidade.

Ao final da titulação também termina o experimento de determinação do oxigênio dissolvido em água do grupo EP\_G4. Nesse episódio, acompanhamos o aluno EP\_AM10 (Teo) em seu relato de ações e pensamentos sobre titulação. Assim como observamos no episódio 1, sobre solução saturada, também nesse episódio não podemos afirmar que o estudante possa aplicar o conceito de titulação em outros contextos ou para resolver alguma situação problema. O nosso propósito foi apontar alguns eventos de pensamento sobre tal conceito e, a partir de tais eventos, relatar um possível episódio de evolução conceitual.

Tais eventos podem ser demarcados em três etapas distintas de desenvolvimento do conceito. Na primeira, o estudante reconhece que a titulação é o processo pelo qual será feita a determinação do oxigênio dissolvido na água. Assim, embora o estudante declare inicialmente que não sabe o que é titulação, ele descreve tal procedimento de acordo com o

roteiro. Ele também faz um relato do reconhecimento dos objetos e materiais usados nesse processo.

Na segunda etapa, Teo descreve o que observa durante o processo de titulação. Ele também faz algumas descrições de processos que envolveram os conceitos de reação química, precipitação e decantação, que ocorreram entre o preparo da solução saturada e da titulação. Mas, nos eventos relatados por Teo, tais processos não tiveram ênfase. Assim, nos limitamos à descrição dos episódios sobre o desenvolvimento dos conceitos de solução saturada e titulação.

Na terceira etapa, durante o desenvolvimento do processo, Teo demonstra pensar sobre o objetivo da titulação e sobre a quantidade da solução que reage durante o processo. Ele demonstra entendimento sobre o que está fazendo e relata a sua conclusão ao final dos cálculos, que se basearam no número de gotas da solução de tiosulfato de sódio consumidas na titulação. Ele também usa os termos titular e titulação para explicar o procedimento aos colegas, demonstrando compreensão sobre o mesmo. O relato dessas operações mentais nos permitiu classificar os eventos de pensamento de Teo como de 4º e 5º níveis de complexidade. E assim, nós pudemos concluir que houve uma mudança de nível do seu pensamento com relação ao conceito, que ele desconhecia inicialmente.

Nesse episódio, como no primeiro, também podemos dizer que ocorreu um aumento do nível de complexidade do pensamento sobre titulação que não poderia ocorrer da mesma maneira em outro contexto. Assim, podemos dizer que a habilidade de titular, que é um procedimento, e o conceito de titulação podem ser compreendidos durante um experimento. Ou seja, torna-se mais fácil aprender o que é titular, titulando.

Durante a entrevista, Teo relatou suas memórias de eventos relacionados à coleta da amostra de água, que não poderia ter bolhas de ar, para não aumentar a quantidade de oxigênio dissolvido e, do procedimento de titulação. Durante o relato do procedimento de titulação, até o cálculo da concentração de oxigênio dissolvido na água, Teo usa os termos titular e titulação, tanto para descrever, como para explicar. Assim, o termo antes desconhecido pelo estudante, após o episódio, passa a ser usado

operacionalmente, o que nos permite inferir que houve um aumento do nível de complexidade do pensamento sobre o conceito no decorrer do episódio.

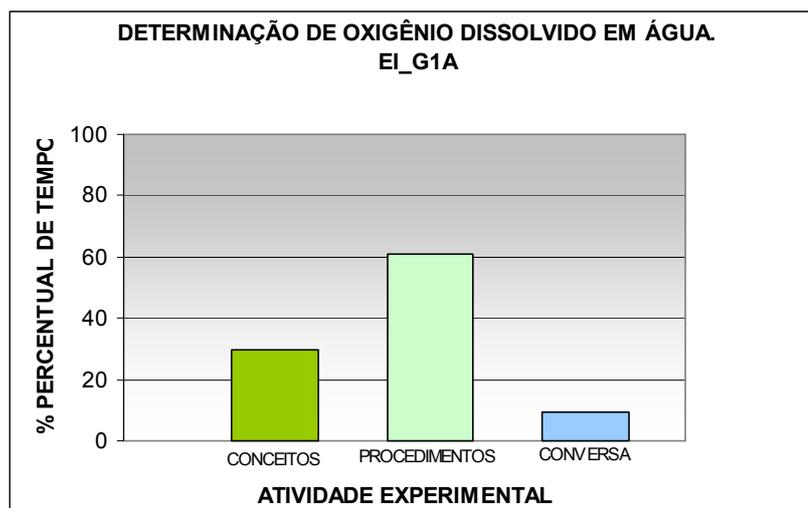
Também podemos dizer que, de acordo com DiSessa (1998), Teo integra p-primis ao conjunto complexo de conceitos que seria titulação. Podemos dizer que um p-prim identificado nesse episódio foi o conceito de evidência de transformação química. Ao final do processo, Téo parece relacionar claramente a titulação e a evidência de mudança de colorido para incolor. Teo parece compreender que a titulação ocorre por transformação química.

Podemos dizer que Téo muda as suas convicções sobre o contexto ao longo do experimento. No início, Teo não sabe o que é titulação, mas compreende que é algo que ele tem que fazer, portanto um procedimento. No meio do processo ele consegue explicar como fazer o procedimento. Ao final do processo, ele usa os termos titular e titulação para explicar as evidências de reação química observadas. Assim, podemos dizer que, nesse episódio, Teo integra p-primis, aumentando o nível de complexidade de seu pensamento sobre o que seja titulação, o que evidencia que houve evolução conceitual durante o episódio.

### ***VI.3 – Relato do Episódio 3: Procedimento de Solução Saturada de Sulfato Manganoso.***

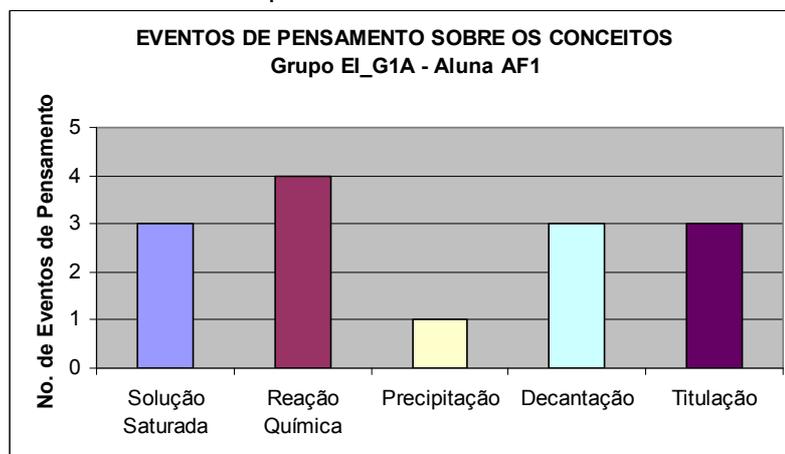
Durante a atividade de determinação do oxigênio dissolvido no grupo EI\_G1A, como na maioria dos grupos das duas escolas, houve um percentual de tempo maior de relato de procedimentos do que de conceitos. Mesmo assim foi possível identificar nesse grupo alguns conceitos e alguns eventos em que a aluna relatora relacionou procedimentos e conceitos. Verificamos um pequeno número de eventos de pensamento relacionado a cada conceito. Os eventos de pensamento relacionados a transformação química apareceram misturados com os eventos de pensamento sobre precipitação e decantação, por isto foram relatados no mesmo episódio.

**Gráfico 15:** Percentual de uso do tempo da 1ª atividade do grupo 1ª da Escola I.



No gráfico 16, foi apresentado o número de eventos de pensamento sobre cada conceito mobilizado pela aluna relatora do grupo, enquanto o grupo desenvolvia a atividade de determinação de oxigênio dissolvido na água. E o resumo do episódio foi apresentado no quadro 11.

**Gráfico 16:** Número de eventos de pensamento da aluna AF1 da Escola I.



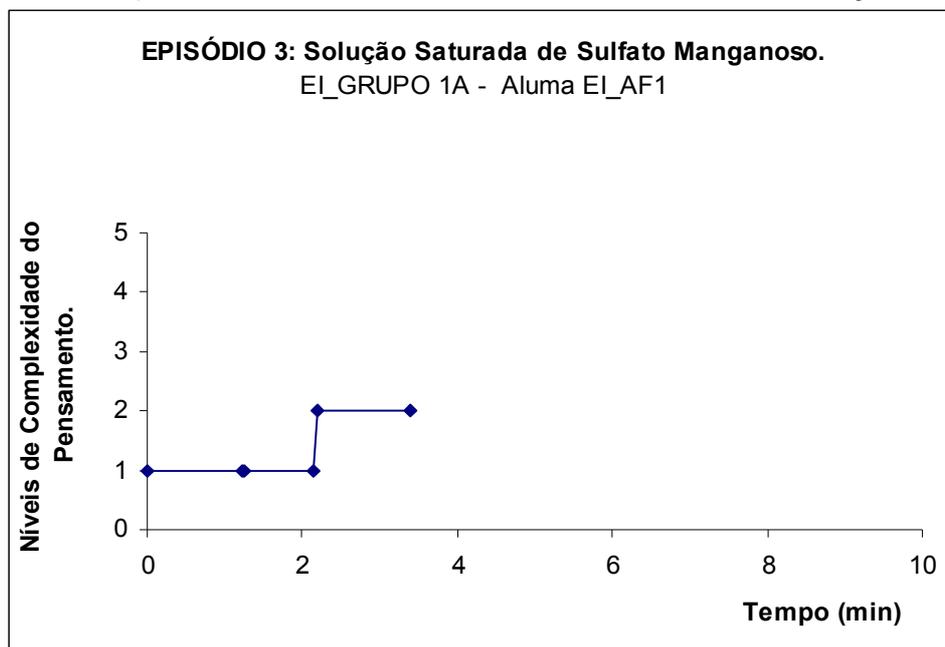
**Quadro 11:** Resumo do Episódio 3 sobre Solução Saturada da aluna EI\_AF1

Refinamento dos dados – Solução Saturada Grupo: EI_G1A – Aluna: EI_AF1					
TEMPO (S)	Proc.	Conc.	EVENTOS	Nível	COMENTÁRIO
00-1:23 = 83'	X		Primeiro o sulfato <i>manganoso</i> , Não, Encha o frasco de amostra com água a ser analisada... Não pode ter nenhuma bolha... Preparar a solução saturada de sulfato manganoso... Ela te deu a colherzinha? (...)	1º	Identificando os objetos, materiais e procedimento.
02:16 – 03:12 = 56'	X		<i>Pode por mais... Deu né, deu (...)</i> <i>Agora é tirar 3 aqui... Tira 3?</i> <i>Pega o frasco lá, pra descartar...</i>	1º	Pensa no que fazer.
5:49 – 6:10 = 81'	X		<i>Chama a estagiária e diz: _ Tem que colocar mais água, se não num vai dissolver não! Você pôs muito sulfato, era só um pouquinho...</i>	2º	Relato das observações com relação a quantidade de soluto na preparação da solução saturada.

No gráfico 17, foram apresentadas as sequências das idéias da

estudante AF1 da Escola I sobre o conceito de solução saturada.

**Gráfico 17:** Sequência das idéias da aluna AF1 da Escola I sobre solução saturada.



O Episódio de preparação da solução saturada nesse grupo, relatado pela aluna EI\_AF1, teve apenas três eventos, cujo tempo total foi de 3 minutos e 40 segundos. Esse procedimento foi executado nos primeiros 5 minutos do experimento. O relato do último evento revela que o excesso de sulfato manganoso na solução só foi observado pela aluna quando o grupo foi executar um procedimento posterior.

Entendemos que o tempo dedicado a esse procedimento não foi suficiente para que o pensamento da estudante sobre solução saturada alcançasse níveis mais altos. Os pensamentos relatados não indicam que houve uma aproximação da compreensão do conceito, mas apenas um primeiro contato, que precisa ser retomado outras vezes. Mesmo assim, foi possível verificar que a estudante lida com um p-prim durante o processo, Ela tenta integrar o conceito de dissolução para compreender o conceito novo. Quando a aluna observa que se não colocar mais água, não vai dissolver o excesso de soluto no sistema, ela está integrando um conceito mais simples a outros conceitos e construindo uma relação entre eles.

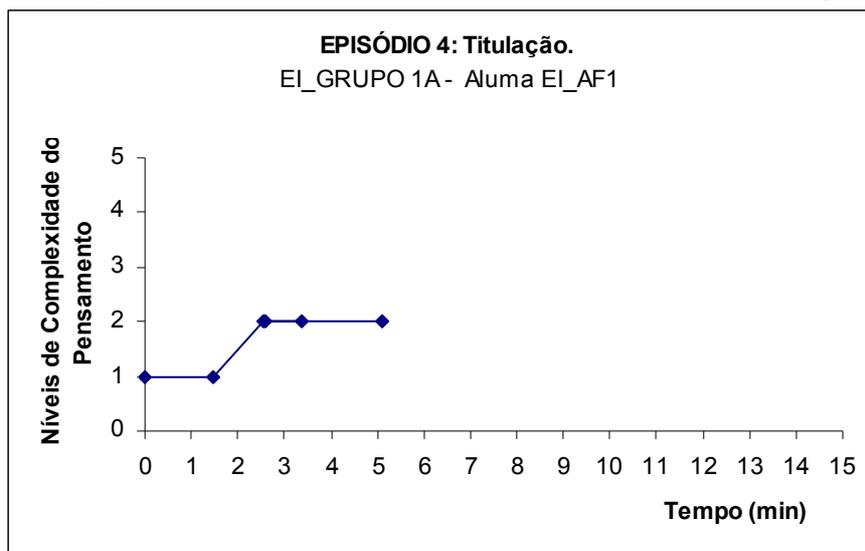
## VI.4 – Relato do Episódio 4: Procedimento de Titulação.

Esse episódio teve um tempo inferior a 6 minutos. O quadro 12 mostra o resumo dos eventos de pensamento relatados pela estudante.

**Quadro 12:** Resumo do Episódio 4 sobre titulação da aluna EI\_AF1

Refinamento dos dados – Titulação - Grupo: EE_G1A – Aluna: EE_AF1					
TEMPO (S)	Proc.	Conc.	EVENTOS	Nível	COMENTÁRIO
22:30 – 24:18 = 108'	X		<i>Titule a solução de sulfato de sódio...(…) parou com 17 gotas de tiosulfato...</i>	1º	Identificando os objetos, materiais e procedimentos.
24:24 – 25:33 = 69'	X		<i>A última vez parou com 12 gotas e a concentração de oxigênio dissolvido na amostra é de 10mg. Está certinho.</i>	2º	Demonstra compreender por que está medindo o volume da solução consumido na reação, pois compara com o valor de concentração de oxigênio dissolvido da tabela.
26:36 – 29:14 = 158'		X	<i>Deu 17 gotas do tiosulfato. (...) A nossa deu certo. Precisa fazer de novo?</i>	2º	Relata observações sobre o processo e tenta compreender a ação.
TOTAL: 5 min e 8 seg.					

**Gráfico 18:** Sequência das idéias da aluna AF1 da Escola I sobre titulação.



Nesse episódio de titulação do grupo EE\_G1A, assim como no episódio de solução saturada, o número de eventos foi muito pequeno e, o tempo do episódio foi muito curto para que pudesse ocorrer um aumento do nível de complexidade do pensamento da aluna em relação ao conceito. Mas também nesse caso, parece que há um p-prim sendo usado pela aluna para relatar o processo. Ela integra o conceito de evidência de transformação química, ou seja, a mudança de cor ao final do processo. Quando a aluna verifica que a mudança de cor do sistema ocorreu duas vezes com a mesma

quantidade de gotas consumidas do reagente, ela conclui que deu certo a medida.

Durante a entrevista a aluna não lembrou o termo titulação, mas lembrou do processo como evidência de que houve algum tipo de transformação química. Ela associou a mudança de cor e o número de gotas com *“alguma coisa que acontecia com o oxigênio dissolvido na água”*.

Ela diz: - *Eu não sei o que aconteceu com o oxigênio, mas tem alguma coisa a ver com as gotinhas que a gente foi colocando lá e a mistura foi ficando clara, assim, mudando, porque antes tinha umas particulazinhas, acho que marrom. Então, para medir o oxigênio dissolvido a gente fez ele reagir com alguma coisa, acho que foi com o ácido sulfúrico. Não foi?*

Num episódio tão curto, é evidente que a aluna não aprendeu o que era titulação. Entretanto, por meio da entrevista foi possível observar que ela guarda “pedaços de conhecimento”. Pequenas partes do todo, pequenas idéias, que juntas, em um momento posterior poderão fazer sentido para interpretar ou explicar outra situação semelhante.

## VI.5 – Relato do Episódio 5: Precipitação como uma evidência de reação química.

O quadro 12 apresenta o resumo do episódio sobre transformação química relatado pela aluna EI\_AF1.

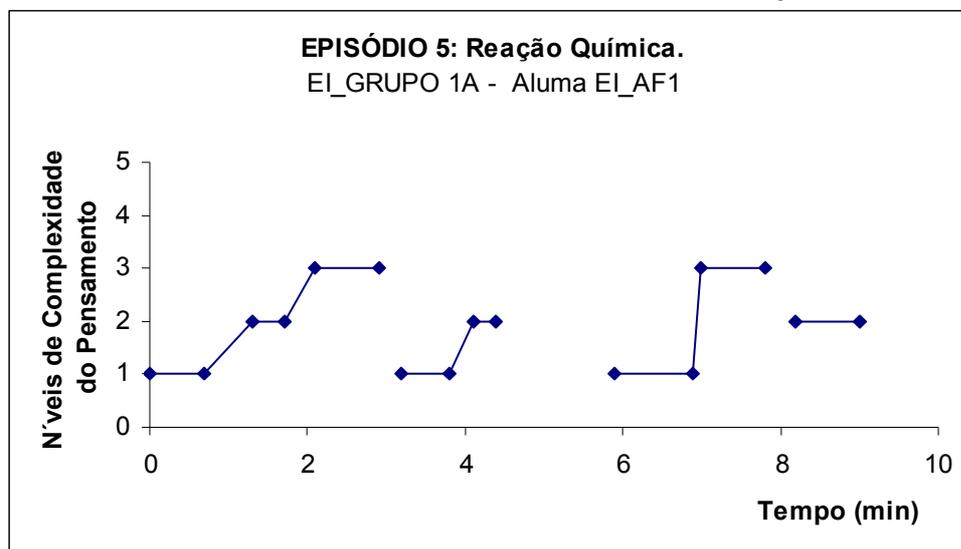
**Quadro 12:** Resumo do episódio 5 sobre Transformação Química da aluna EI\_AF1

Refinamento dos dados – Reação Química - Grupo: EE_G1A – Aluna: EE_AF1					
TEMPO (S)	Proc.	Conc.	EVENTOS	Nível	COMENTÁRIO
08:26 – 8:20 = 54'	X		<i>Depois que saturar é para adicionar as pastilhas de NaOH...</i>	1º	Identificando os materiais e procedimento.
9:46 – 10:49 = 63'	X		<i>(...) Em seguida adicione todo o iodeto de potássio. Adicione o KI, olha aqui... Olha ficou marrom. Ficou cheio de partículas marronzinhas. Ta parecendo água do arrudas. (...) Tem que esperar descansar...</i>	2º	Observação sobre a evidência de reação.
11:25 – 12:23 = 58'		X	<i>Agora as partículas estão juntando uma na outra, parece que está ficando maiorzinha. Olha que legal! Igual o estagiário explicou: que a água tem movimento próprio. É por isto que se a gente deixa alguma coisa na água ela fica mexendo em movimento circular (...)</i>	3º	Observação sobre a decantação. Relação entre procedimento e conceito. A Estudante recorre à explicação do estagiário para explicar.
13:03 – 14:51 = 108'			<i>(...) Não deu pra tirar a bolha... Não tem jeito não! (...) Em seguida adicione o iodeto de potássio disponível no saquinho. (...) Agora agite bem! (...) Agora tem que deixar descansar de novo...</i>	1º	Executando o procedimento de acordo com o roteiro. Reação Química.
15:11 – 16:09 = 58'	X		<i>Aí, está dando certo (...) Agora a água está ficando clara de novo... As partículas estão indo pro fundo. Parece um lodo...</i>	2º	Observação sobre a decantação.
16:51 – 18:20 = 29'	X		<i>Retire e descarte 3 mL da amostra. (...) Cadê a pipeta. (...) 2 mL de ácido sulfúrico</i>	1º	Repetindo as instruções do roteiro e/ou dos estagiários.
18:25 - 19:37 = 72'		X	<i>Adicione o ácido sulfúrico concentrado a fim de dissolver o precipitado. (...) Formou um precipitado marrom parecendo lodo. Agora ficou laranja, depois que colocou o ácido sulfúrico.</i>	3º	Observação sobre Transformação Química. Relata procedimentos e observações que envolvem o conceito. Precipitação.
19:45 - 20:32 = 47'		X	<i>Agora dissolveu tudo. Tudo não. Ficou laranja e ficou algumas micro partículas no fundo.</i>	2º	Relata observações sobre o processo. Reação Química. Decantação.
Total = 8 min e 15 seg.					

Nesse episódio, a aluna relata, simultaneamente, o seu pensamento sobre três conceitos relacionados ao procedimento: evidência de reação química, precipitação e decantação. A aluna enfatizou tais conceitos, explicando alguns os seus aspectos durante o processo. Como os três conceitos estão intimamente relacionados, não foi possível separar apenas um para o nosso relato do episódio. Assim, estamos considerando que a aluna integrou tais conceitos durante o relato de suas idéias sobre

transformação química. O gráfico 18 representa a sequência de idéias da estudante durante o relato do episódio.

**Gráfico 18:** Sequência de idéias da aluna EI\_AF1 sobre transformação química.



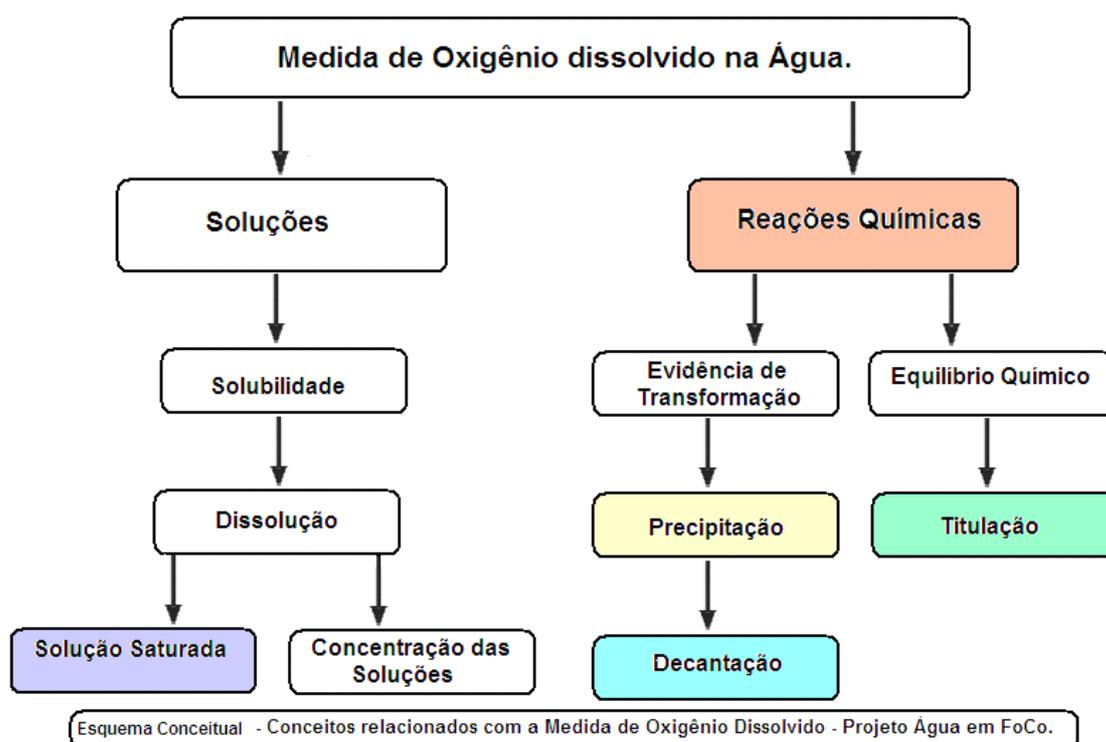
Esse tipo de relato, no qual os conceitos se misturam, de acordo com diSessa (2002) e Taber K. S. (2008) podem evidenciar a existência de p-prim. Nesse caso em particular, o conceito de decantação parece ser um p-prim que está associado ao conceito de precipitação. A aluna parece reconhecer a precipitação, ou formação de sólido no sistema, como evidência de transformação química.

Nesse episódio, entendemos que a aluna relata suas observações sobre as evidências de reação química e precipitação, fazendo uso do conceito de decantação, que constitui um conceito intuitivo, portanto um p-prim. A aluna integra conceitos mais simples em um sistema mais complexo, que seria transformação química. Assim, os eventos relatados neste episódio forneceram evidências sobre o aumento do nível de complexidade do pensamento da aluna sobre evidência de reação química com uma possível evolução conceitual.

## VI.6 – Comparando episódios sobre o mesmo conceito de grupos e alunos diferentes.

Tomemos como exemplo os conceitos relacionados com a atividade de determinação de oxigênio dissolvido em água, que foram mapeados de acordo com o roteiro e com o conhecimento da pesquisadora sobre o conteúdo. Os estudantes não mobilizaram todos os conceitos mapeados inicialmente pela pesquisadora. Para a atividade de oxigênio dissolvido, dos 11 conceitos mapeados, apenas 5 foram mobilizados pelos estudantes.

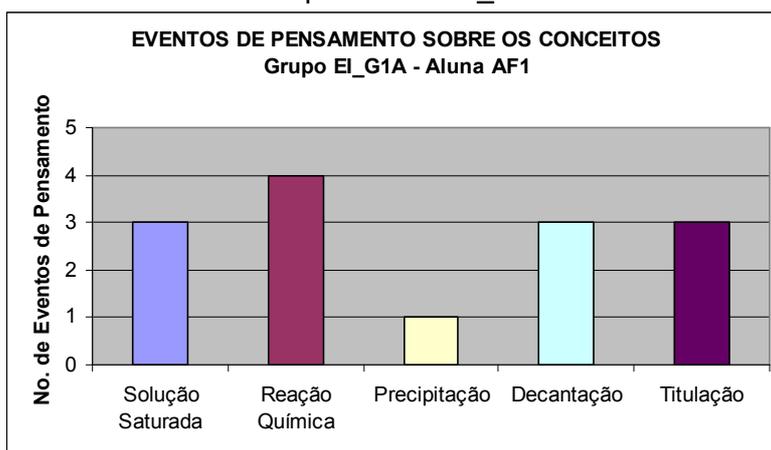
Também pudemos observar que, embora os estudantes tenham mobilizado praticamente os mesmos conceitos durante o desenvolvimento das atividades, o número de eventos relacionado com cada um dos conceitos foi diferente para cada estudante. Mesmo em um mesmo grupo, o número de eventos para cada estudante era diferente. A seguir, apresentamos o esquema conceitual contendo os conceitos que foram mobilizados por estudantes de dois grupos diferentes.



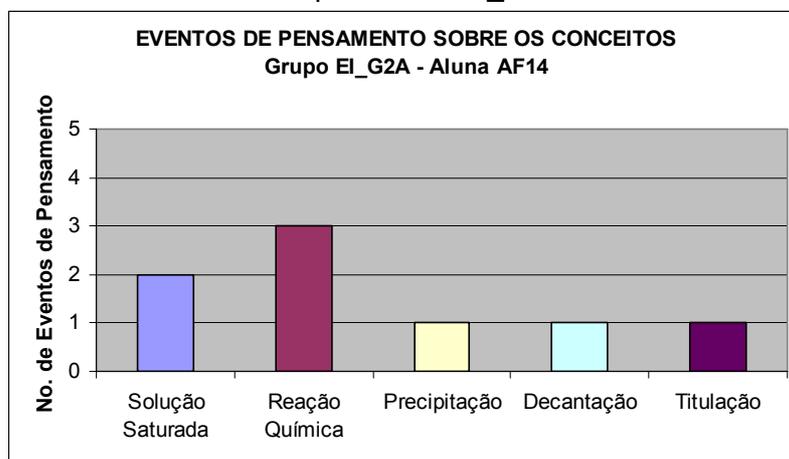
Os conceitos realçados foram mobilizados por duas alunas da Escola

I. As estudantes mobilizaram os conceitos de solução saturada, reação química, precipitação, decantação e titulação. Verificamos um pequeno número de eventos para todos os conceitos no relato das duas alunas. Os gráficos que representam o número de vezes em que os conceitos foram mobilizados.

**Gráfico 19:** Conceitos mobilizados pela aluna EI\_AF1

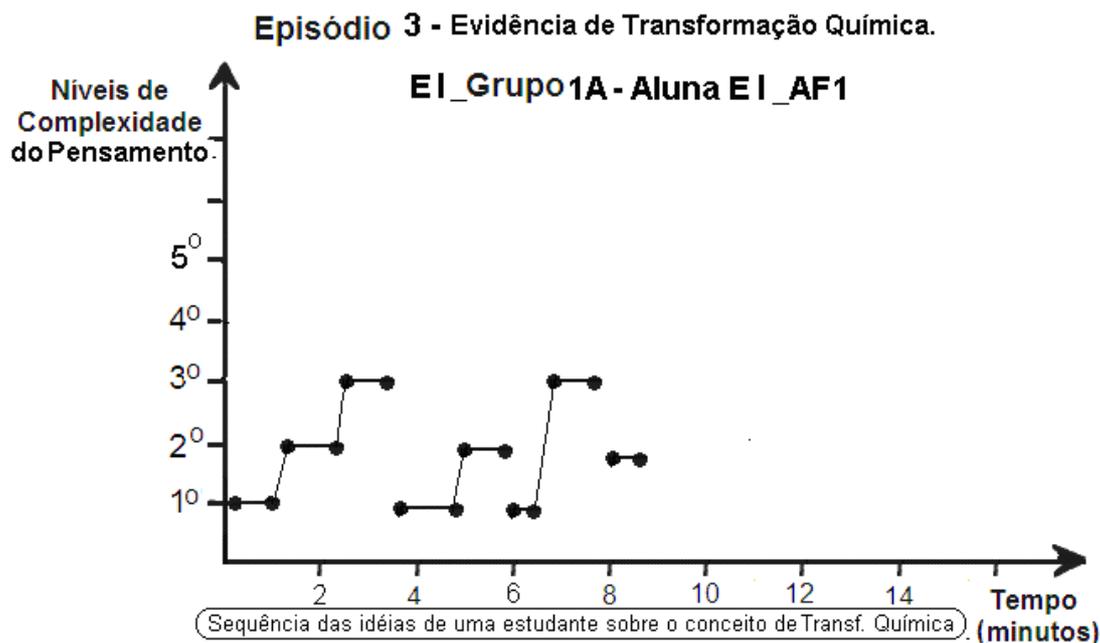


**Gráfico 20:** Conceitos mobilizados pela aluna EI\_AF14

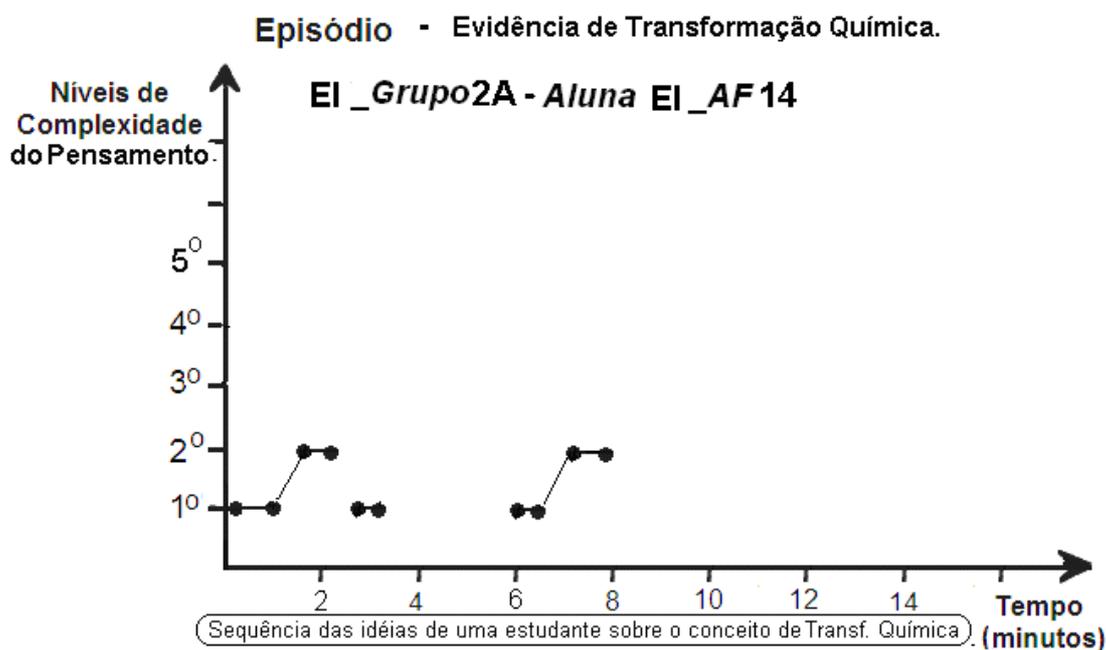


A seguir, apresentamos os dois gráficos que representam os níveis de complexidade de pensamento sobre o conceito de transformações químicas, atingidos por duas alunas da Escola I, durante a atividade de determinação de oxigênio dissolvido em água.

**Gráfico 21:** Sequência de idéias da aluna EI\_AF1 sobre transformação química.



**Gráfico 22:** Sequência de idéias da aluna EI\_AF14 sobre transformação química.



O gráfico mostra que no primeiro caso, a aluna produz relatos de 8 eventos, enquanto no segundo caso, a aluna produz relatos de 5 eventos, sendo que esses eventos ocorrem em períodos mais curtos de tempo. Nos dois casos foram considerados os conceitos de decantação e precipitação como integrados ao conceito de reação química. Assim, embora o tempo de gravação dos áudios desses episódios seja semelhante, podemos observar

que o tempo total do segundo episódio é bem menor.

No primeiro episódio, o pensamento da aluna atinge o quarto nível de complexidade, enquanto o pensamento da aluna no segundo episódio atinge apenas o segundo nível, de acordo com a nossa análise. Nós acreditamos que existe uma relação direta entre o número de eventos relacionados com um conceito e a possibilidade de ocorrência de um aumento da complexidade do pensamento.

Interpretando esse resultado, podemos dizer que, ao longo do episódio, houve aumento da complexidade das idéias da estudante EI\_FI sobre o conceito de transformação química, do primeiro para o terceiro nível de complexidade. Em cada seqüência de eventos ocorreu um aumento dos níveis de complexidade. Cada seqüência inicia no 1º nível e termina em um nível mais alto. No segundo episódio, embora tenha havido um número menor de eventos e o nível atingido tenha sido mais baixo, as seqüências de eventos também iniciaram em um nível mais baixo, aumentando pelo menos um nível em cada seqüência.

Comparando os dois episódios, podemos dizer que existem evidências de que o maior o número de eventos e de seqüências de eventos, possibilita aumentar o nível de complexidade do pensamento. Assim, podemos inferir que, se uma atividade oferece muitas oportunidades de ocorrência de eventos de pensamento, ela favorece o aumento da complexidade do pensamento do estudante.

Embora os episódios comparados tenham sido relatados por estudantes de escolas diferentes, sendo um da escola particular e outro da escola estadual, não tivemos a intenção de comparar a efetividade das atividades nessas escolas. A análise dos dados nos permitiu identificar episódios com maior ou menor número de eventos nas duas escolas. Não fizemos uma análise para verificar o que favorece ou não o número maior ou menor de eventos para cada episódio. Esta poderia ser uma proposta para estudo futuro.

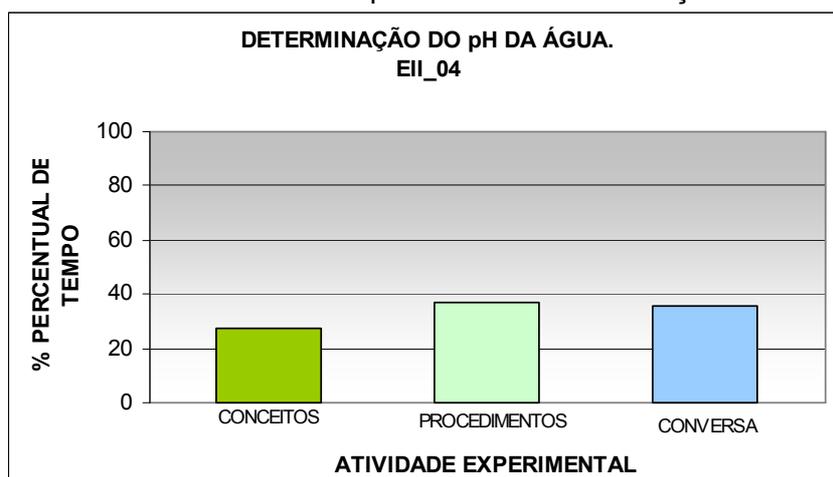
Nesse estudo, as descrições dos pensamentos dos estudantes nos revelaram que eles mobilizaram diferentes conceitos ou, coordenaram um sistema de conceitos durante a realização das atividades. De acordo com

diSessa (1998), o desempenho de uma tarefa específica pode aumentar as habilidades dos estudantes para estabelecer conexões entre os dados empíricos, as observações e os conceitos relacionados.

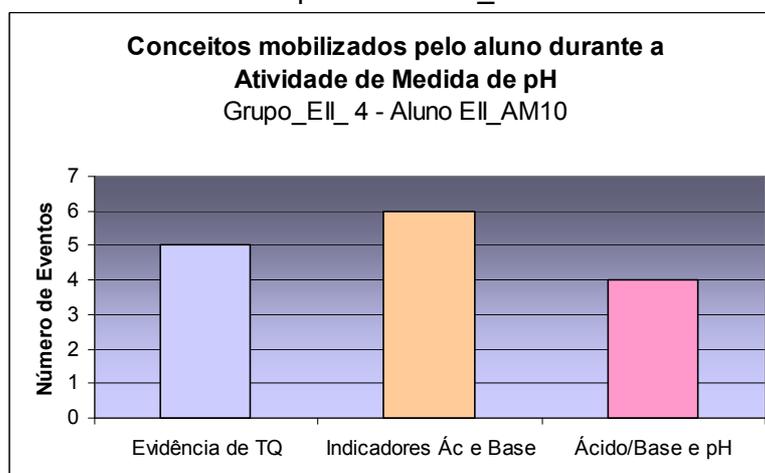
### VI.7 – Construção de uma escala de pH.

No gráfico 19 está representada a distribuição do tempo da atividade de construção da escala de pH, pelo grupo EII\_04. Embora, de um modo geral, o percentual de conversa tenha sido menor durante essa atividade, nesse grupo, os alunos conversaram durante 35% do tempo da atividade. Verificamos também que os procedimentos prevaleceram em relação aos conceitos. O gráfico 24 mostra os conceitos mobilizados pelo relator nessa atividade.

**Gráfico 23:** Percentual do uso do tempo da atividade construção da escala de pH.

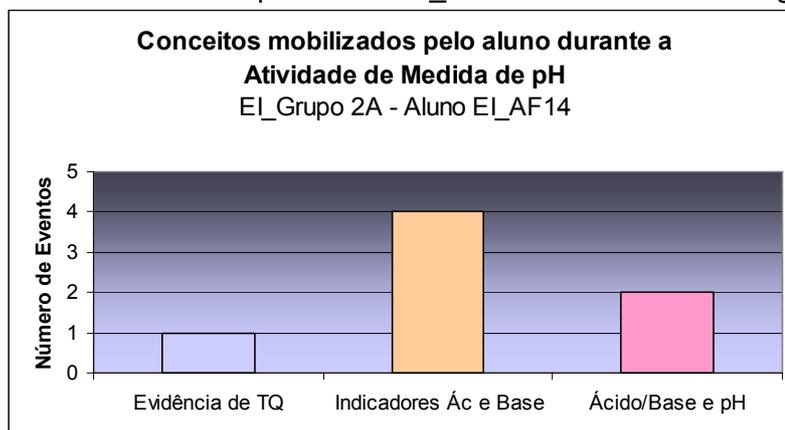


**Gráfico 24:** conceitos mobilizados pelo aluno EII\_AM10 na 2ª atividade em grupo.

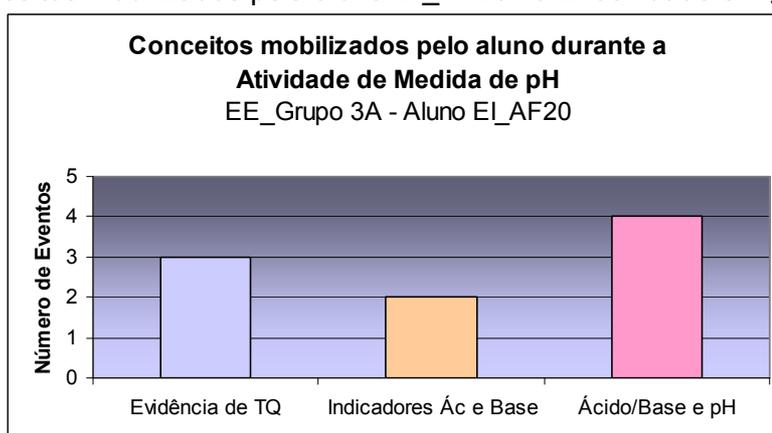


Verificamos que praticamente todos os grupos mobilizaram três conceitos durante a atividade de construção da escala de pH, como foi representado no gráfico 24. Comparando com outros grupos, verificamos que houve diferença do número de eventos observados.

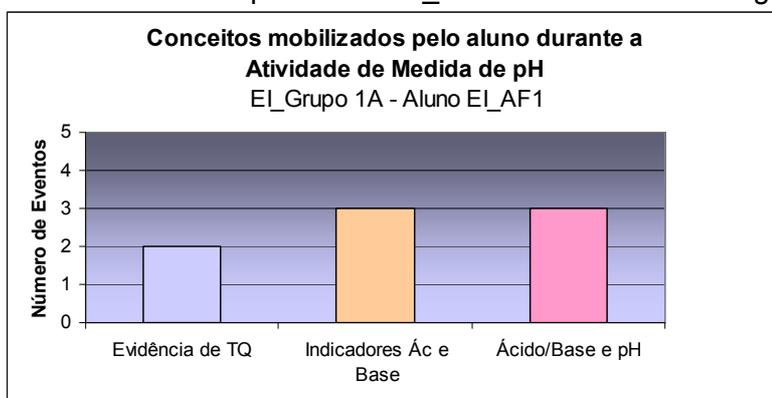
**Gráfico 25:** conceitos mobilizados pela aluna EI\_AF14 na 2ª atividade em grupo.



**Gráfico 26:** conceitos mobilizados pela aluna EI\_AF20 na 2ª atividade em grupo.



**Gráfico 27:** conceitos mobilizados pela aluna EI\_AF1 na 2ª atividade em grupo.



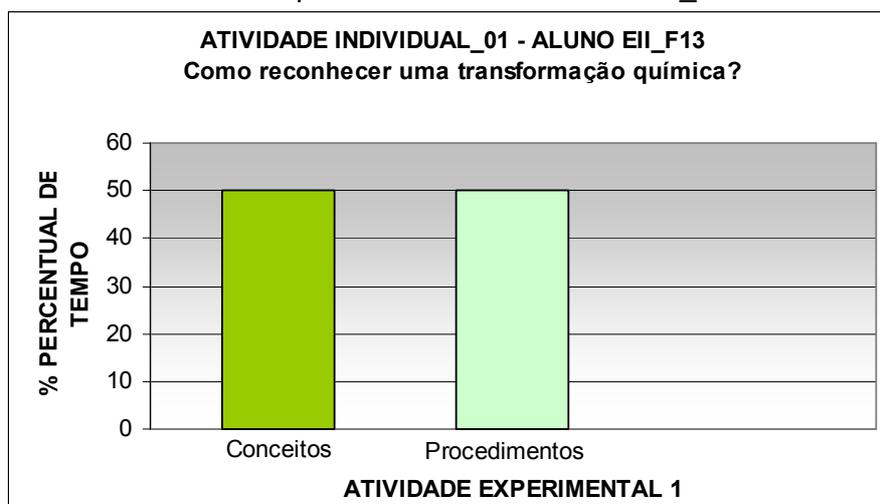
Verificamos que o conceito de evidência de transformação química aparece integrado aos conceitos de indicadores e de ácido e base. Nesse

modo, em todos os casos só é possível relatar episódios relacionados ao conceito de transformações químicas. A escala de pH parece ter sido compreendida apenas como evidência da mudança das características do sistema associada a mudança de cor.

### **VI.8 – Atividade Individual – Transformações Químicas.**

As atividades individuais foram aplicadas apenas na Escola II. Neste episódio, o tempo total de gravação da atividade foi de 40:42 min. Como não houve conversa paralela, o aluno falou sozinho durante a maior parte do tempo. Conforme mostra o gráfico 28, que mostra a distribuição do tempo da atividade, a metade do tempo foi dedicada à leitura ou repetição do procedimento.

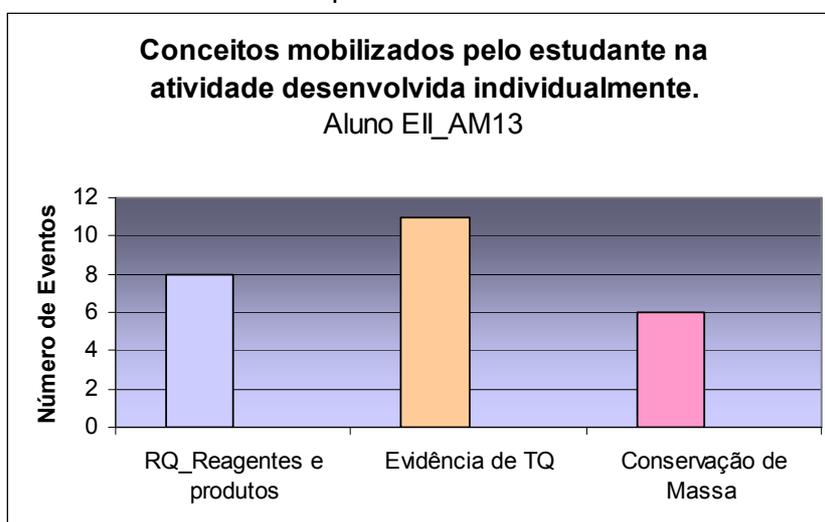
**Gráfico 28:** Percentual de tempo da atividade individual. EII\_AM13.



Nessa atividade, os conceitos mobilizados pelo estudante EII\_AM13 foram: reação química, em termos da identificação de reagentes e produtos; evidências de transformações químicas, em termos das observações sobre o que aconteceu durante o experimento, com ênfase nos aspectos do sistema antes, durante e ao final do experimento e a conservação de massa. Consideramos como eventos de conservação de massa, aqueles nos quais o estudante explicita que houve ou não houve conservação de massa durante a transformação, e atribui ou não explicações

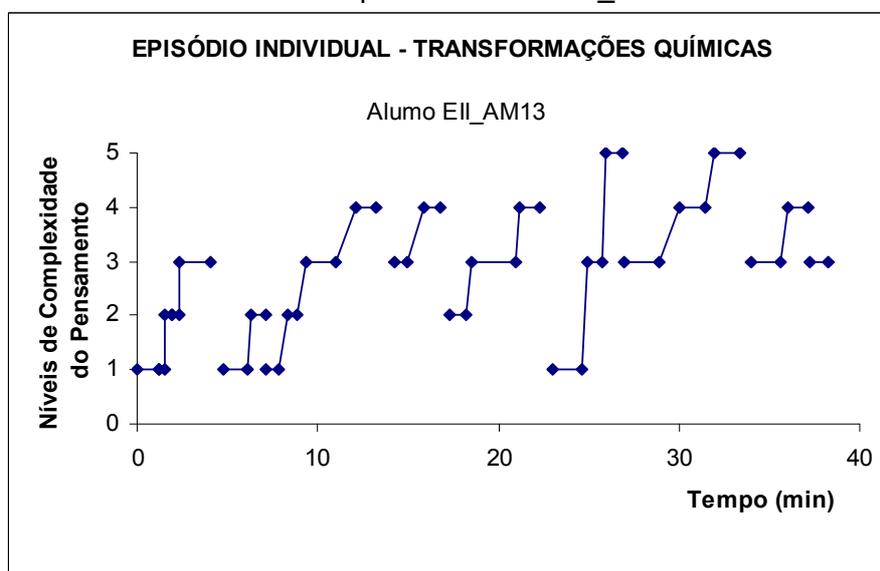
para essas conclusões. Verificamos 25 eventos durante esse episódio, que estão representados no gráfico 29.

**Gráfico 29:** Conceitos mobilizados pelo estudante na atividade individual. EII\_AM13.



No gráfico 30, os eventos foram representados em termos de níveis de complexidade do pensamento do estudante.

**Gráfico 30:** Conceitos mobilizados pelo estudante EII\_AM13 na atividade individual.



Consideramos como eventos, as falas do estudante relacionadas aos conceitos envolvidos no processo por ele estudado. Um exemplo de evento relacionado à transformação química, no qual o estudante identifica os reagentes e produtos, aparece no seguinte relato:

*Os reagentes são a fita de magnésio e o fogo. Outro reagente que participa da reação é o ar. Para ter uma reação de combustão, de queima da fita, precisa de oxigênio.*

Um exemplo de relato de evidência de transformação química, no qual o estudante descreve os aspectos do sistema, ocorre depois da leitura de uma pergunta sobre o que aconteceu ao sistema. O aluno diz:

*(...) O resultado dessa mistura foi uma precipitação do sulfato de cobre. Ele ficou um azul muito forte e desceu para o fundo do tubo. Parece que condensou, está sólido mesmo, parece que precipitou, parece uma nuvem, mas não houve aumento de temperatura.*

Sobre a conservação de massa o estudante fez o seguinte relato:

*(...) A massa continua igual porque a fita queimou, mas as sua partículas continuam aqui.*

Nesta atividade foi possível perceber que o aluno já reconhecia as evidências de transformação química e que ele possuía uma idéia prévia sobre conservação de massa, embora não soubesse explicar os processos ocorridos durante as reações. Consideramos que o estudante chegou ao 5º nível de complexidade com relação ao conceito de conservação de massa na reação química, quando ele, após pesar a esponja de aço antes e depois de queimá-la, verificou que ocorreu aumento de massa. Ele fez o seguinte relato:

*(...) Ah, aumentou a massa porque reagiu com o ar, o oxigênio. Então naquela hora que a fita queimou, também deve ter aumentado a massa. Eu pensei que era a mesma, mas eu não pesei porque uma parte caiu da pinça e era muito pouco. Mas se esse bombriil aumentou de massa, então aquele pozinho da fita também deve ter aumentado.*

Ficou evidente que esse aluno já possuía algum domínio sobre transformações químicas. Mas ainda estava construindo conhecimento sobre o processo da reação e sobre a conservação de massa. Nesse sentido, ele integra o conceito de evidências de transformação à idéia de conservação de massa, mas também de reagentes e produtos, pois ele identifica o reagente invisível da reação, dando sentido a sua idéia de conservação de massa.

Durante a entrevista esse aluno relata o seguinte pensamento a respeito dessa idéia:

(...) Nessa hora que eu queimei a fita, ah, eu pensei que a massa era a mesma porque a massa tem que ser a mesma antes e depois.

*... Eu sabia que queima com oxigênio, mas não pensei na massa não. Só pensei nisso nessa hora que pesei o bombril e que o monitor disse que a balança estava certa ... Então eu tinha que explicar porque a massa aumentou sendo que ela deveria ser a mesma. Então essa massa já estava lá antes, só que eu não tinha pensado, porque a gente não vê o oxigênio (...)*

Nesse episódio, o próprio estudante em seu relato mostra como ele juntou os fragmentos de conhecimento para dar sentido as suas observações. Ele sabia reconhecer uma evidência de transformação química. Ele também sabia que a massa se conserva antes e depois na transformação. Mas ele não sabia explicar o processo de reação observado. Ao juntar todas essas idéias, ele pôde entender o processo. Assim, podemos dizer que houve um aumento do nível de complexidade do pensamento do estudante com relação ao processo de transformação química. Ele conseguiu integrar partes de conhecimento escolar, como conservação de massa, com idéias intuitivas sobre transformação química, construindo uma explicação plausível para o processo.

## **Capítulo VII – Considerações Finais e Algumas Conclusões.**

A investigação que apresentamos neste trabalho de tese teve como propósito inicial investigar as seguintes questões: O que pensam os estudantes durante o desenvolvimento de atividades experimentais de Química? Os pensamentos que ocorrem durante as atividades experimentais podem conduzir a alguma evolução conceitual em Química? Existem

diferentes níveis de pensamentos sobre os conceitos nesse contexto? Ocorre algum indício de aprendizagem nesse contexto?

Para responder a essas questões nós buscamos suporte nas teorias de desenvolvimento conceitual que se apóiam nas teorias psicológicas cognitivas. Para coleta de dados, nós usamos protocolos de relatos de pensamento em voz alta e entrevistas episódicas retrospectivas. Para análise dos dados, usamos a demarcação dos eventos temporais de pensamento e um modelo de níveis de complexidade das idéias relatadas pelos estudantes. A partir desses eventos temporais, reconstruímos os episódios de pensamento dos estudantes sobre os conceitos por eles mobilizados no contexto do trabalho prático.

Acreditamos que os instrumentos de coleta de dados foram eficientes para essa investigação, mas, eles dependem de certas condições. A primeira diz respeito à gravação em áudio. Para que os áudios possam nos fornecer relatos mais ricos, os ruídos devem ser minimizados. Para isto, no caso do trabalho em grupo, torna-se necessário trabalhar com poucos grupos de cada vez, ou os grupos devem ficar a uma distância confortável uns dos outros.

Uma segunda condição para que as gravações tenham mais qualidade, é que no decorrer do trabalho prático não devem ocorrer intervenções dos professores que sejam dirigidas a toda a classe. Se necessárias, a intervenção do professor deve ser feita em cada grupo, separadamente. Como o trabalho nos grupos não ocorre de maneira simultânea, a intervenção coletiva interrompe e atrapalha o andamento do trabalho, dispersando o grupo.

Durante as gravações das atividades, pudemos observar que as intervenções coletivas, além de prejudicar as gravações, não atingiam o seu objetivo, pois sempre era necessário que os estagiários repetissem as instruções ou explicações, em cada grupo, separadamente. Assim, recomendamos que esse tipo de intervenção durante o trabalho prático deve ser evitado, mesmo se as aulas não estiverem sendo gravadas.

Para a coleta de dados por meio de relatos verbais de pensamento, é muito importante que os sujeitos estejam dispostos a contribuir com a

pesquisa, pois eles precisam expor as suas idéias. Mas também é necessário que sejam treinados para executar o experimento e falar ao mesmo tempo. O ideal é que todos os participantes passem por uma atividade prévia, que seja gravada e que após essas gravações, os relatos produzidos sejam discutidos com eles. Assim, além de facilitar a compreensão sobre o processo, também possibilita afinar o tempo de relato com o tempo das ações. Neste trabalho, os melhores relatórios foram produzidos por alunos que haviam participado de um estudo piloto, que foi realizado antes do início do Projeto Água em FoCo.

Quanto às entrevistas, elas também foram úteis para as nossas análises, pois contribuíram para a validação das inferências, que aparecem nos relatos dos episódios sobre os pensamentos dos estudantes. Entretanto, os estudantes não relataram nas entrevistas todos os eventos de pensamento que foram relatados nos áudios. Para que as entrevistas possam produzir relatos de memória mais ricos, é necessário que além da disposição dos entrevistados, o entrevistador possa contar com um ambiente propício, de silêncio e privacidade.

As entrevistas para esta pesquisa foram feitas nas escolas e muitas vezes sofreram interrupções, o que dificultou o processo. Além disto, para esse tipo de entrevista é necessário que o entrevistado se concentre na tarefa, o que não pareceu fácil no caso dos adolescentes, que algumas vezes se mostraram irrequietos e dispersivos. Acreditamos que ao preparar o protocolo de entrevista, é preciso considerar a faixa etária dos entrevistados.

Ainda durante a entrevista, a condução das perguntas deve ser feita com agilidade pelo entrevistador, para evitar a dispersão do entrevistado. Como as perguntas têm o objetivo de eliciar relatos de memória, elas devem ser feitas no tempo presente, para manter o entrevistado em estado de evocação. Assim, é necessário que o pesquisador seja bem treinado para realizar tais entrevistas. Por isto, não exploramos todo o potencial da entrevista de explicitação.

Finalmente, para o refinamento dos dados, construímos uma metodologia de análise que consideramos adequada para responder as

nossas questões de pesquisa. A nossa primeira questão foi: **O que pensam os estudantes durante o desenvolvimento de atividades experimentais de química?** Os nossos relatos de episódios evidenciaram que durante uma atividade experimental, os estudantes têm pelo menos três tipos de pensamentos. Primeiro, eles relatam pensamentos relacionados à identificação e reconhecimento dos objetos e materiais usados e das ações executadas.

O segundo tipo de pensamento é relacionado com as observações do estudante sobre o processo. Para descrever a aparência do sistema e suas mudanças, observamos que os estudantes fizeram uso de algumas analogias. E, o terceiro tipo de pensamento se refere às relações que o estudante estabelece entre os procedimentos e os conceitos. O relato desse tipo de pensamento foi feito por meio de perguntas, ou por meio de conclusões dos estudantes.

A segunda pergunta foi: **Os pensamentos que ocorrem durante as atividades experimentais podem conduzir a alguma evolução conceitual em Química?** Os relatos de pensamento, obtidos nessa investigação, nos revelaram que o trabalho prático de química possibilita aos estudantes aumentar o nível de complexidade de seus pensamentos sobre diversos conceitos da Química. Nesse sentido, podemos afirmar que ocorre desenvolvimento conceitual no domínio das atividades experimentais em Química.

De acordo com o modelo de desenvolvimento conceitual proposto por diSessa, A. A. & Sherin, B. (1998), se pudermos descrever os modos como o estudante usa um sistema de conceitos para executar uma tarefa, então podemos descrever a sua evolução conceitual. Para esses autores, uma mudança conceitual é uma mudança na estrutura de convicção do estudante. Nos episódios, nós relatamos algumas mudanças das idéias dos estudantes e, nesse sentido, podemos dizer que ocorreram processos de evolução conceitual, e que esses processos podem levar a aprendizagem.

Durante os relatos dos episódios, também foi possível perceber alguns casos em que os estudantes articulam informações sobre o contexto, juntando fragmentos de conhecimentos para compreender o sistema. De

acordo com diSessa (2002), esse é um tipo de mudança conceitual que ocorre por integração de p-prim. Ou seja, o estudante integra um conhecimento mais simples a um sistema explicativo mais complexo.

A terceira pergunta foi: **Existem diferentes níveis de pensamentos sobre os conceitos nesse contexto?** Para responder a essa questão, adotamos a idéia expressa anteriormente, de que ação/percepção e aprendizagem ocorrem ao mesmo tempo. E, nos baseando no modelo de níveis de complexidade cognitiva para eventos de curto tempo, descrito por Von Aufschnaiter & Welzel, (1997) e Welzel (1998), nós definimos 5 níveis de complexidade crescente do pensamento, para analisar os eventos temporais, obtidos a partir dos relatos dos alunos.

No primeiro nível, o estudante identifica e relata os conceitos e procedimentos; no segundo nível, ele identifica as características dos conceitos e procedimentos, relatando observações sobre o processo; no terceiro nível, ele estabelece relação entre os conceitos e procedimentos, demonstrando entender o processo; no quarto nível, ele define e aplica algumas propriedades do conceito ao procedimento; e no quinto nível, ele faz uso de termos conceituais em seus relatos, demonstrando compreender o fenômeno. Nos episódios relatados, nós mostramos que houve aumento do nível de complexidade do pensamento dos estudantes.

A quarta pergunta foi: **Ocorre algum indício de aprendizagem nesse contexto?** Considerando a idéia adotada por Von Aufschnaiter & Welzel, (1997) de que a aprendizagem ocorre simultaneamente à ação e ao pensamento, podemos presumir que os eventos de pensamento a partir dos quais foi possível descrever os episódios, possibilitem alguns indícios de aprendizagem.

Acreditamos que nos episódios que relatamos ocorreram pelo menos dois tipos de pensamento com potencial para promover a aprendizagem dos estudantes. O primeiro, do tipo operacional, ligado aos procedimentos e ao contexto de ação. O segundo, um tipo de pensamento que relaciona procedimentos e conceitos, no momento em que os estudantes buscam explicações para as ações executadas e observações.

Entretanto, o modelo de análise que adotamos não nos permite garantir que houve aprendizagem do conceito. Para isto, teríamos que submeter o aluno a diferentes situações problemáticas ou de testes e observar se ele mobiliza tal conceito para a solução de novos problemas. Neste trabalho, as idéias manifestadas pelos estudantes não foram testadas em diferentes contextos e, nesse sentido, não podemos afirmar que houve aprendizagem. Um estudo longitudinal, usando essa metodologia de coleta e análise dos dados possibilitaria um resultado mais conclusivo.

A partir da nossa análise, verificamos que os estudantes produzem um número diferente de eventos relatados para o mesmo conceito. E, também que, quanto maior o número de eventos para o desenvolvimento de um mesmo conceito, maior o nível de complexidade de pensamento que pode ser alcançado pelo estudante. A partir desse resultado, podemos concluir que, ao mobilizarem os mesmos conceitos durante as atividades experimentais, os estudantes podem atingir diferentes níveis de compreensão sobre tais conceitos. Nesse sentido, um estudo promissor seria sobre como potencializar esse aumento de complexidade das idéias em sala de aula.

Existe um tipo particular de conceito em Química que necessita de procedimentos práticos para que sejam compreendidos. Esse tipo de conceito é de difícil compreensão fora do contexto de sua aplicação. Como exemplo, podemos citar o conceito de diluição, cujo termo é geralmente usado pelo senso comum como sinônimo de dissolução. Assim, para ensinar esse conceito, geralmente, os professores recorrem a exemplos de diluição do cotidiano, ou ao trabalho prático, que possibilita aos alunos executarem os procedimentos de diluição de uma solução.

Nesse sentido, podemos dizer que existem algumas habilidades específicas, que são conceituais, mas que requerem um contexto de trabalho prático para que se tornem compreensíveis para o estudante. Por meio dos episódios relatados foi possível verificar que o trabalho prático propicia o aumento do nível de complexidade do pensamento sobre tais conceitos.

Acreditamos que os resultados apontados nesse trabalho, assim como a metodologia desenvolvida para a coleta e análise de dados possam contribuir para investigações futuras. Algumas perguntas que fizemos no

decorrer do processo de análise poderão nortear novas pesquisas na área. Existem padrões de tempo para os eventos de pensamento durante as atividades experimentais? Acreditamos que tais padrões possam existir, mas para que esse seja um resultado conclusivo requer outras investigações. E, se existem tais padrões, será possível aperfeiçoar as atividades experimentais, para que o seu tempo seja mais bem aproveitado? É possível construir roteiros de atividades com níveis crescentes de complexidade, que permitam o progresso do pensamento dos estudantes?

As descrições das sequências de relatos de pensamentos dos estudantes, apresentadas nesse trabalho, permitem muitas análises e reflexões acerca da sala de aula e do trabalho prático. Esperamos que estas reflexões possam contribuir para o desenvolvimento do trabalho prático no contexto do ensino de Química e de Ciências. Acreditamos que as ideias discutidas nesse trabalho poderão contribuir para o desenvolvimento de intervenções pedagógicas que potencializem o desenvolvimento conceitual no domínio das atividades experimentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMS, Ian; MILLAR, Robin. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, London, 30:14,nov,1945 -1969, 2008.

AERA Draft Standards for Reporting on Research Methods, 2006. Disponível em <http://www.aera.net/uploadedFiles/Publications/AERA> . Acesso em abril de 2006.

AYAS, Muammer Çalýk, Alipaş ; EBENEZER, J. V. A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students's Conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, v. 14, n. 1, p. 29-50, March, 2005.

ANDRÉS, Ma. Maite, PESA, Marta A. Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en un trabajo de laboratorio de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.4, n.1, 59-75 2004.

APOSTILA DO PROJETO ÁGUA EM FOCO: disponível no endereço eletrônico: <http://www.foco.fae.ufmg.br/apostila2007.doc>. Acesso: agosto de 2007.

ARCE, J. and BETANCOURT, R. Student-designed experiments in scientific lab instruction. **Journal of College Science Teaching**, 27, 114-118, 1997.

BARBERÁ, O. e VALDÉS, P. **El trabajo práctico em la Enseñanza de Las Ciencias**: Una Revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 1996, 14 (3).

BATESON, G.. **Steps to an ecology of mind: Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology**. New York: Ballantine, 1972.

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

BORGES, Oto N.; BORGES, A. Tarciso; SILVA, Marcus V. D.; GOMES, Alessandro D. T. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia, **Atas.....**, São Paulo, SBF, 2002. 1 CD. (arquivo: COCD6\_1.pdf)

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. MEC. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. Orientações Educacionais Complementares aos **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, 2003. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em Julho de 2006.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**, 2004. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/> Acesso em julho de 2006.

CLANCEY, W. J. Situated Action: a neuralphysiological interpretation. **Cognitive Science**, n.17, p.87-116,1993.

CONRAD, F., BLAIR, J., & TRACY, E. Verbal reports are data! A theoretical approach to cognitive interviews. Proceedings of Federal Committee on Statistical Methodology. Washington, DC: **Office of Management and Budget**. 1999. Disponível em: <http://mywebpages.comcast.net/ttriple13/fcsm.pdf> Acesso em: 06/07/2007

CRAIG W. Bowen, Think-Aloud methods in chemistry education: understanding student thinking, **Journal of Chemical Education**, n. 71, p. 184-190, march, 1994.

DAVID, M. A.; BORGES, Oto N. Uma abordagem teórica para coleta de dados cognitivos durante a realização de um experimento de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,VI, 2008, Florianópolis, **Anais....**Belo Horizonte: FAE\UFMG, 2008. v. único. p. 1-12.

DE JONG, O., SCHMIDT, H-J, BURGER, N., & EYBE, H. (1999). Empirical research into chemical education. **University Chemistry Education**, 3, 28-30.v Disponível em: [http://www.euchems.org/binaries/fecs2c\\_tcm23-28303.pdf](http://www.euchems.org/binaries/fecs2c_tcm23-28303.pdf) Acesso em: 13/07/2007

DE VOS, W., VERDONK, A.,. A new road to reactions. Part 3: Teaching the heat effect of reactions. **J. Chem. Educ.**, v. 63, p. 972-974,1986.

diSESSA, A.. **Knowledge in pieces**. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1988.

diSESSA, A. A. & SHERIN, B.. What changes in conceptual change? **International Journal of Science Education**, London, 20(10), 1155-1191, december, 1998.

diSESSA, A. A.Toward and epistemology of physics. **Cognition and Instruction**, 10(2&3), 106-225, 1993.

diSESSA, A. A.. A history of conceptual change research: threads and fault lines. In: SAWYER, K. (Ed.). **Cambridge handbook of the learning sciences**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2006

diSESSA, A. A.. Why “conceptual ecology” is a good idea. In: LIMÓN, M. & MASON, L. (Eds.). **Conceptual Change: Issues in theory and practice**. Dordrecht: Kluwer. 2002. p. 29-60.

DRIVER, R. Beyond Appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. Library of Congress Cataloging Data Children's ideas in science, 1985. (Trad. Eduardo Fleury Mortimer)

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F., SCOTT, P. Constructing scientific knowledge In the classroom. **Educational Researcher**. AERA, v.23, n.7, p.5 -12, 1994.

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F., SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.9, p.31 - 40, mês,1999.

EBENEZER, J. V. AND GASKELL, P .J.. Relational conceptual change in solution chemistry. **Science Education**,79 (1), 1-17, 1995.

EBENEZER, J. V.; ERICKSON, L. G.. Chemistry students' conception of solubility: a phenomenography. **Science Education**, 80 (2), 181-201,1996.

EBENEZER, J. V.; FRASER, M. D.. First year chemical engineering students' conception of energy in solution processes: phenomenographic categories for common knowledge construction. **Science Education**,85, 509-535, set, 2001.

ERICSSON K. A, Protocol analysis and verbal reports on thinking, 2002. Disponível em: <http://www.psy.fsu.edu/faculty/ericsson/ericsson.proto.thnk.html>  
Acesso em: 13/07/2007

ERICSSON, K. A. Protocol analysis and expert thought: concurrent verbalizations of thinking during experts' performance on representative task. In: ERICSSON, K. A; CHARNESS, N.; FELTOVICH, P.; HOFFMAN, R. R. (Eds.). **Cambridge handbook of expertise and expert performance**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.p. 223-242.

ERICSSON, K.A. & CRUTCHER, R.J. Introspection and verbal reports on cognitive processes – two approaches to the study of thought processes: a response to Howe. **New Ideas in Psychology**, 9/1, p.57-71, 1991.

ERICSSON, K.A. & SIMON, H.A. **Protocol analysis. Verbal reports as data**. Revised Edition. Cambridge, MA: Bradfordbooks/: MIT Press. 1993.

ERICSSON, K. A., & SIMON, H. A.. **How to study thinking in everyday life: Contrasting think-aloud protocols with descriptions and explanations of thinking**. *Mind, Culture, & Activity*, 5(3), 178-186, 1998.

ERICSSON, K.A. Protocol analysis. In: BECHTEL, W & GRAHAM, G. (eds.). **A companion to cognitive science**. Oxford: Blackwell. 1998. p.425-432.

FENSHAM, P.; FENSHAM, N. Description and frameworks of solutions and reactions in solutions. **Research in Science Education**,17, 139-148, 1987.

GIORDAN, M. **Experimentação por simulação**. Textos LAPEQ, USP, São Paulo, n. 8, junho 2003

GIL PÉREZ, D. & VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. In: **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 14 (2), p. 155-63, 1996.

GIL PÉREZ, D. et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 2, p. 311-320, junio, 1999.

GOKIERT, Rebecca J., LEIGHTON, Jacqueline P. A three-stage approach for identifying gender differences on large-scale science assessments. Centre for Research in Applied Measurement and Evaluation (CRAME) - University of Alberta, Canada, 2006. Disponível em: <http://www.education.ualberta.ca/educ/psych/crame>. Acesso em 13/07/2007

GOMES, A. D.T., BORGES, A. T. e JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13(2), p.187-207, agosto, 2008.

GONZÁLEZ, Eduardo M.. ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos ?. In: **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 10 (2), p. 206–11, 1992.

HEGARTY-HAZEL, Elizabeth. Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies - Part I: Student learning in physics. **International Journal of Science Education**, London, v.13,n.3, p.303-12, Jul-Sep, 1991.

HEGARTY-HAZEL, Elizabeth; PROSSER, Michael. Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies -- Part 2: Student learning in biology. **International Journal of Science Education**, London, 13, n.4, p.421-30, Oct-Dec, 1991.

HELLINGMAN, C.T.. A trial list of objectives of experimental work in **Sci. Educ.**, (4/1), 29-43, 1982.

HEWSON, Mariana G.; HEWSON, Peter W. Effect of instruction using student's prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v.20, n.8, p.731-43, Nov, 1983.

HODSON, Derek. Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. **Educación Química**, 16(1), p.30-38,, 2005.

HODSON, Derek. A critical look at practical work in school science, **School Science Review**, v. 71, n.256, p. 33-40, mar, 1990.

HODSON, Derek. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, 20 (2), 53-66,1988.

HODSON, Derek. Hacia um enfoque más critico del trabajo de laboratório, **Enseñanza de Las Ciências**, Barcelona, 12(3), p.299-313, 1994.

HODSON, Derek; BENCZE, Larry. Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research, **International Journal of Science Education**, London, v.20, n.6, p.683-94, Jul, 1998.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent N. The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v.52, n.2, p. 201-217, Sum, 1982.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent N. Laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v.88, n.1, p. 28-54, 2004.

HOFSTEIN, AVI and OTHERS. The learning environment of high school students in chemistry and biology laboratories. **Research in Science and Technological Education**, Nottingham, UK, v.14, n.1, p.103-16, may,1996.

JOHNSON, Philip. The development of children's concept of a substance: a longitudinal study of interaction between curriculum and learning. **Research in Science Education**, v. 35, n.1, p. 41 – 61, Mar 2005.

JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo,n. 7, p. 26-29, maio, 1998.

KEILER, Leslie S.; WOOLNOUGH, Brian E. Practical work in school science: the dominance of assessment, **School Science Review**, v. 83, n.304, p. 83-88, mar, 2002.

LEMKE, J. L.. Across the scales of time: artifacts, activities, and meanings. **Ecosocial Systems Mind, Culture, and Activity**, Berkeley, v. 7, n. 4., p. 273-290, 2000.

LENDOL, C., CARLSON, Sarah-Eva 2002. Using "think alouds" to evaluate deep understanding. Disponível em: <http://www.uc.edu/cetl/documents/thinkalouds.pdf>. Acesso em 12/07/2007.

LEVRINI O., diSESSA A.A., How Students Learn from Multiple Contexts and Definitions: Proper Time as a Coordination Class, **Physical Review Special Topics - Physics Education Research** 4, 010107, 2008.

LEOW, Ronald P.;MORGAN-SHORT, Kara. To think aloud or not to think aloud: the issue of reactivity. **SLA Research Methodology**, Georgetown University SSLA, 26, 35–57, 2004.

LINCOLN, Y. S., & GUBA, E. G.. Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries. **Educational Communication and Technology Journal**, 29 (2), 75-91,1981.

LINCOLN, Y. S., & GUBA, E. G.. Naturalistic inquiry. Newbury Park, CA: Sage. 1985. <http://www.gifted.uconn.edu/siegle/research/Qualitative/trust.htm>. Acesso em abril de 2006.

LUNETTA, Vincent N.; TAMIR, Pinchas. An analysis of laboratory activities: project physics and PSSC. **School Science and Mathematics**, v.81, n.8, p.635-42, dec,1981.

LUNETTA, Vincent N; OTHERS. Evaluating science laboratory skills. **Science Teacher**, v.48, n.1, p.22-25, jan, 1981.

LUNETTA, Vincent N. The school science laboratory: historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: TOBIN, K., FRASER, B.(Eds.). **International Handbook of Science Education**. Kluwer: The Netherlands. 1997.

LUNETTA V.N., The school science laboratory: historical perspectives and centers for contemporary teaching, . In P. Fensham (Ed.). **Developments and dilemmas in science education**. London, Falmer Press (pp 169-188), 1998.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning**, London, Cambridge University Press, 2001.

MENDES, I. **Interesse de professores pelo estudo da Biologia: manifestações atuais e memórias**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - FAE/UFMG, Belo Horizonte, 2009.

MILES, MATTHEW, B.; HUBERMAN, Michael. A making good sense: drawing and verifying conclusions, 1994.

MILLAR, Robin. Training the mind: continuity and change in the rhetoric of school science. **Journal of Curriculum Studies**, v.17, n.4, p.369-82, oct-dec, 1985.

MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto N. Bases para um referencial teórico sobre o fenômeno da cognição. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 08, n. 01, 2006.

MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto N. Percepção e elaboração de conceitos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA,VIII, 2002, Águas de Lindóia, **Atas.....**, São Paulo, SBF, 2002. 1 CD. (arquivo: CO19\_2.pdf)

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**,, 4(3), 267-285,1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações no Ensino de Ciências**, Porto Alegre, 1(1), 20-39, março, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H.. **Química para o Ensino Médio**. Editora: Scipione Cultural, 1a Edição, (2003).

MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: Por que o gelo flutua na água? **Anais do Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências**. Belo Horizonte, MG, 1997.

MORTIMER, E.F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. Volume 7, número 3. 2002.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, nov, 1995.

MORTIMER, R. F.; MIRANDA, L.C. Concepções dos estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 23-26, 1995.

MULOPO, Moses M.; FOWLER, H. Seymour. Effects of traditional and discovery instructional approaches on learning outcomes for learners of different intellectual development: a study of chemistry students in Zambia. 1987.

NEWELL, A. AND SIMON, H. A. **Human Problem Solving**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ,1972.

NOVAK, J D.. Learning science and the science of learning. **Science Education**, 15, 77-101,1988.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERZOG, W. A. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66(2), 211-227,1982.

PRIETO, T., BLANCO, A.; RODRIGUEZ, A.. The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. **International Journal of Science Education**, London, 11 (4), 451-463,1989.

RENKL, A. Learning by explaining – or better by listening? Paper apresentado na Reunião Anual da American Educational Research Assotiation. Chicago. (ERIC Database ED 409343), 1977.

ROSA, M. I. F. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo,n.8,1998.

ROTH, W. M.. Starting small and with uncertainty: toward a neurocomputational account of knowing and learning in school science laboratories. **International Journal of Science Education**, London, 20:9,1089 -1105,1988.

ROTH, W.M. From stimulus to science: the changing nature of visual perception. **American Educational Research Association Annual Meeting**. New Orleans, April 1-5, 2002.

SCHNETZLER, R.P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: Conquistas e perspectivas. **Química Nova**, supl. 1, p.14-24, 2002

SCHNETZLER, R.P. A pesquisa em ensino de Química e a importância da Química Nova na Escola. Conquistas e perspectivas. **Química Nova**, V.20, p. 49-54, 2004.

SÉRÈ, M.. La enseñanza en el laboratorio. Que podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia. **Enseñanza de las Ciencias**, 20, 357-368, 2002.

SMITH, K .J.; METZ, P. A.. Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. **Journal of Chemical Education**,73 (3), 233-235,1996.

SOLOMON, J. (1990). The discussion of social issues in the science classroom. *Studies in Science Education*, 18, 105-126 STAVY, R.. Pupils' problems in understanding conservation of mass. **International Journal of Science Education**, London, 12 (5), 501-512,1990.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artes médicas, 2000.

TAMIR, Pinchas; LUNETTA, Vincent N.. Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. **Science Education**, v. 65, n.5, p.477-84, oct, 1981.

TABER, Keith S. Conceptual resources for learning science: issues of transience and grain-size in cognition and cognitive structure. **International Journal of Science Education**, London, v.30, n.8, p. 1027-1053, june,2008.

TIBERGHIE, A.; VEILLARD, L.; LE MARECHAL, JEAN-F.; BUTY, C.; MILLAR, R.. An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels. **Several European Countries**, 2001

VAN SOMEREN, M.W.; BARNARD, Y.; SANDBERG,J. The think aloud method - a practical approach to modelling cognitive processes, cademic Press. Someren et al.. 1994.

VERMERSCH, P. "Introspection as practice". **Journal of Consciousness Studies**, 6 (2-3): 17-42,1999.

VERMERSCH, P.. Bases de l'auto-explicitation. Première partie. **Expliciter**, 69, 1-31, 2007. Disponível em [http://www.x-sides.net/\\_expliciter/](http://www.x-sides.net/_expliciter/). Acesso em outubro de 2008.

VERMERSCH, P.. Introspection et auto-explicitation. Bases 2, **Expliciter**, 73, 42-55, 2008. Disponível em [http://www.x-sides.net/\\_expliciter/](http://www.x-sides.net/_expliciter/). Acesso em outubro de 2008.

VERMERSCH, P.. L'entretien d'explicitation. Issy-les-Molineaux: **GREX**, ESF, 1994. [www.grex-fr.net](http://www.grex-fr.net). Acesso em julho de 2005.

VON AUFSCHNAITER, S. & WELZEL, M. **Individual learning processes - a research st program with focus on the complexity of situated cognition**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION (E.S.E.R.A.), 1<sup>st</sup>, 1997, Rome. Proceedings of the 1<sup>st</sup>. European Conference of ESERA, Rome: in press, September 2-6, 1997.

VON AUFSCHNAITER, S.; WELZEL, M. Individual learning processes - a research programme with focus on the complexity of situated cognition. **Research in Science Education in Europe**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 209-215.

WATSON, J. B.. Is thinking merely the action of language mechanisms? First published in *British Journal of Psychology*, 11, 87-104, 1920. Disponível em <http://psychclassics.yorku.ca> . Acesso em 01/07/2009

WATSON, R.; PRIETO, T. & DILLION, J. S.. The effect of practical work on students' understanding of combustion. **Journal of Research in Science Teaching**, 32 (5), p. 487-502,1995.

WELZEL, M.. Student centred instruction and learning processes in physics. **Research in Science Education**, 27(3). 383-394,1997.

WELZEL, M.. First international conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*. 4(1). 92-93, 1998a.

WELZEL, M.. The emergence of complex cognition during a unit on static electricity. **International Journal of Science Education**, London, 20:9,1107-1118,1998b.

WELZEL, M; VON AUFSCHNAITER, C.; SCHOSTER, Anja. How to interact with students? In: LEACH, John & PAUSEN, Albert (eds). **Practical Work in Science Education**.Denmark: Roskilde University Press, 1999. p. 313-327.

WHITE, Richard T. Episodes, and the purpose and the conduct of practical work. In: WOOLNOUGH, Brian (Ed.). **Practical Science**. Buckingham: Open University Press, 1991. Cap. 8: 78-86.

WOOLNOUGH, Brian. Practical science as a holistic activity. In: WOOLNOUGH, BRIAN (Ed.). **Practical Science**. Buckingham: Open University Press, 1991. Cap. 16: 181-188.

WYKROTA, JORDELINA L. M. Aspectos emocionais de procedimentos de ensino de professores do ensino médio. 2007. **Tese** (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WYKROTA, Jordelina L. M.; BORGES, Oto N. Aspectos emocionais de condutas de professores em procedimentos de ensino. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, IV, Bauru, SP, 2003. In: MOREIRA, Marco Antônio (org.) **Atas...** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: s.n., 2004. Arquivo: PNL079.pdf.

WYKROTA, Jordelina L. M.; BORGES, Oto N. Aspectos emocionais de condutas de professores no ensino de física. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas, MG. **Atas ....** Jaboticatubas, MG: [s.n], 2004.



- 2) Prepare uma solução saturada de sulfato manganoso ( $MnSO_4$ ): adicione uma quantidade de sulfato manganoso (usando a colherinha medidora) em 5ml de água e mexa com a colher até que a dissolução se complete.
- 3) Retire e descarte 3 mL da amostra de água. Adicione 3 ml da solução preparada anteriormente (com auxílio de uma seringa) na amostra de água a ser analisada, tampe o frasco e agite-o levemente. Tome o cuidado de não deixar que se formem bolhas no frasco, por isso retirar exatamente a quantidade de amostra equivalente ao que vai ser adicionado a cada etapa.
- 4) Abra o frasco e adicione hidróxido de sódio (NaOH) (umas 4 pastilhas) com a espátula colher medidora. **Atenção! Esse procedimento deve ser realizado, exclusivamente, pelo professor.** Em seguida, adicione todo o iodeto de potássio (KI) disponível no saquinho (~0,50g). Tampe o frasco e agite-o bem.
- 5) Deixe a amostra em repouso por alguns minutos até a decantação do material marrom esverdeado castanho formado.
- 6) Retire e descarte 3 mL da solução contida no frasco da amostra. Adicione, com o auxílio de uma pipeta graduada de 5 mL uma **seringa de vidro**, 2 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado a fim de dissolver o precipitado. **(Atenção! Esse procedimento deve ser realizado, exclusivamente, pelo professor).**
- 7) Com uma seringa, retire 20 mL da solução do frasco contendo a amostra e transfira para um copo vazio.
- 8) Titule a solução com tiosulfato de sódio ( $Na_2S_2O_3$ ) até que a solução amarela fique incolor.
- 9) Repita as etapas 7 e 8 duas vezes.
- 10) Faça a determinação do oxigênio dissolvido obtendo a média do número de gotas gastas nas 3 titulações e consultando o quadro 1.

Quadro 1: Esquema de interpretação do resultado experimental, relacionando o número de gotas gastas na titulação com a concentração de oxigênio dissolvido

Gotas de solução de tiosulfato gastas na titulação	concentração de oxigênio dissolvido na amostra em mg/L
<b>05</b>	<b>2,9</b>
<b>06</b>	<b>3,5</b>
<b>07</b>	<b>4,1</b>
<b>08</b>	<b>4,7</b>
<b>09</b>	<b>5,3</b>
<b>10</b>	<b>5,9</b>
<b>11</b>	<b>6,5</b>
<b>12</b>	<b>7,1</b>
<b>13</b>	<b>7,7</b>
<b>14</b>	<b>8,2</b>
<b>15</b>	<b>8,8</b>

16	9,4
17	10
18	10,6
19	11,2
20	11,8
21	12,4

### Atividades

Anotações que devem ser feitas no decorrer do experimento

Quadro 2. Observações correspondentes a cada fase do experimento

Procedimento	Observações
Adição de uma colher de sulfato manganoso com posterior agitação	
Adição de hidróxido de sódio	
Adição de iodeto de potássio	
Adição de 2 mL de ácido sulfúrico concentrado	
Adição de gotas de tiosulfato de sódio	

### Como representar essas reações?

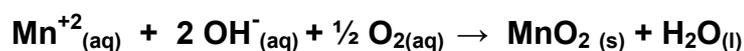
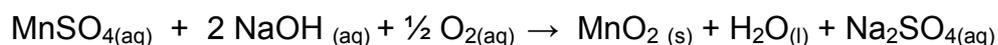
As equações abaixo representam as reações que ocorrem na amostra.

Lembrem-se que, em solução, os compostos iônicos encontram-se na forma de íons em solução. Exemplo:

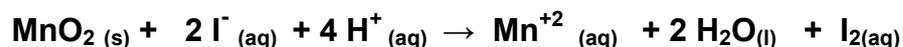
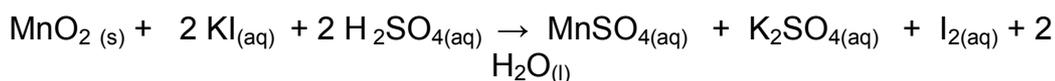
- NaOH (s) = pastilhas que foram adicionadas à amostra;
- NaOH (aq) = hidróxido de sódio em solução aquosa (intermediário para facilitar a o entendimento da equação);
- Na<sup>+</sup> (aq) e OH<sup>-</sup>(aq) = íons que se encontram em solução.

Equações:

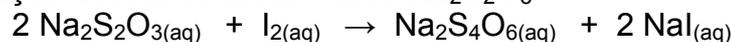
1ª etapa: adição do MnSO<sub>4</sub> e de NaOH ao frasco contendo a amostra de água:



2ª etapa: Adição do KI e do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ao frasco:



3ª Etapa: Titulação do iodo formado com o  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$



---

Equação global:



### QUESTÕES PARA DISCUSSÃO

- 1) O que você acha que ocorreu após a adição de sulfato manganoso e hidróxido de sódio?
- 2) O que você acha que ocorreu após a adição de iodeto de potássio mais ácido sulfúrico?
- 3) Com a adição de gotas de tiosulfato de sódio no final do experimento, o que você acha que provocou a mudança de cor do sistema?



### QUESTÕES PARA REFLEXÃO

- 1) Por que o  $\text{O}_2$  dissolvido na água é importante?
- 2) De onde ele vem?
- 3) O que provoca uma diminuição na sua quantidade?
- 4) Quais as conseqüências disso?
- 5) O que você propõe que possa ser feito para melhorar essas condições?

**TABELA 1**

**TABELA 1 - Teor de saturação de oxigênio dissolvido na água doce para diferentes temperaturas e altitudes (em mg/l)**

Temperatura(°C)	Altitude (m)				
	0	250	500	750	1000
0	14,6	14,2	13,8	13,3	12,9
2	13,8	13,4	13	12,6	12,2
4	13,1	12,7	12,3	12	11,6
6	12,5	12,1	11,7	11,4	11
8	11,9	11,5	11,2	10,8	10,5
10	11,3	11	10,7	10,3	10
15	10,2	9,9	9,5	9,3	9
20	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1
25	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4
30	7,6	7,4	7,2	7	6,7

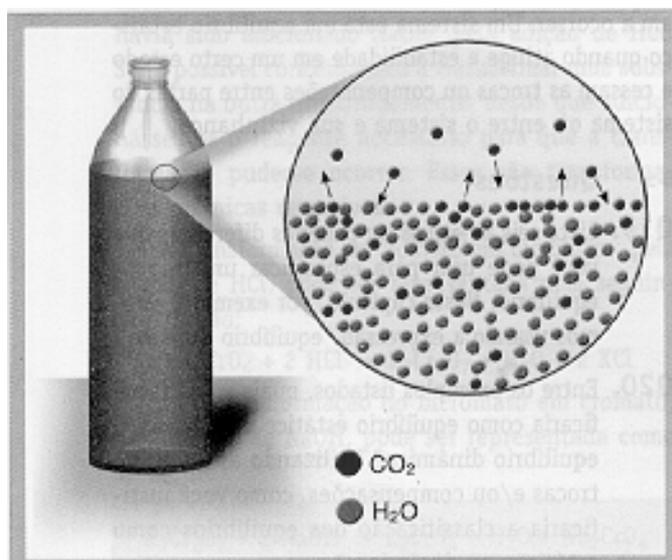
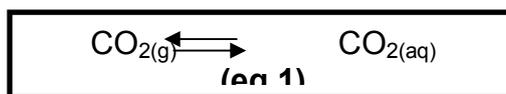
Fonte: DERÍSIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: Signus. 2000. p. 164.

## Reversibilidade e equilíbrio químico

Muitas reações químicas são reversíveis, embora, em muitos casos, essa característica não possa ser observada experimentalmente e temos a impressão de que a reação seja irreversível. Em uma reação reversível, os produtos da reação também reagem entre si, formando os reagentes. Para esses sistemas reversíveis, pode ser aplicada a condição de equilíbrio.

O equilíbrio químico é dinâmico e, portanto, difere de situações de equilíbrios a que estamos acostumados a lidar na vida cotidiana (por exemplo, o equilíbrio entre os pratos de uma balança de dois pratos) que sugerem a idéia de equilíbrio estático, em que o sistema está parado, sem alterações. Por ser dinâmico, o equilíbrio químico se aproxima mais de situações como um malabarista numa corda bamba. Para entendermos melhor esse tipo de equilíbrio, vamos examinar o que acontece com uma garrafa de água mineral com gás, fechada. A garrafa com água mineral é um sistema fechado, pois nada pode entrar na garrafa ou sair dela. Nesse sistema, o gás carbônico está presente em dois estados: como um gás,  $\text{CO}_{2(g)}$ , na parte sem líquido, e dissolvido na água,  $\text{CO}_{2(aq)}$ . Se medirmos a pressão do  $\text{CO}_{2(g)}$ , encontraremos um valor constante. Se medirmos a concentração de  $\text{CO}_{2(aq)}$ , também encontraremos um valor constante. Assim, podemos dizer que o sistema está em equilíbrio. Nenhuma mudança poderá ser observada, ou medida, numa escala macroscópica. Se pudéssemos observar as moléculas individuais, isto é, em nível atômico-molecular, a imagem seria bem diferente. Nesse nível, teríamos uma passagem constante de partículas de  $\text{CO}_2$  da solução para o gás e do gás para a solução. Teremos, então, moléculas entrando na solução e saindo dela

constantemente. Por isso o equilíbrio químico é dinâmico. Esses dois processos ocorrem na mesma velocidade. Podemos representar esse equilíbrio por meio da equação:

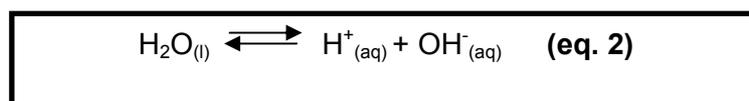


Fonte: Mortimer e Machado, 2003.

**Figura 1:** O modelo representa o  $\text{CO}_{2(g)}$  em equilíbrio com o  $\text{CO}_{2(aq)}$  na garrafa de água mineral.

Na linguagem cotidiana, dizemos que a laranja é ácida porque sentimos a sensação de azedo. Na química, caracterizamos um ácido ou uma base de maneira diferente. Uma substância só é considerada ácida ou base em função das possíveis interações com outras substâncias. Isso quer dizer que a definição de ácidos e bases é uma definição relacional. Vamos entender isso melhor?

Para entendermos melhor ácidos e bases, iremos discutir o comportamento da água pura. No estado líquido, uma pequena fração de moléculas de água pode se dissociar produzindo  $\text{H}^+_{(aq)}$  e  $\text{OH}^-_{(aq)}$ . Essas espécies podem interagir e formar água novamente. Podemos representar o equilíbrio iônico da água da seguinte maneira:



No caso da água pura, a concentração de  $\text{H}^+$  é igual à concentração de  $\text{OH}^-$ . Sendo assim, ela é considerada neutra. A partir dessa discussão,

podemos chegar a uma definição de ácido e base que leva em consideração o comportamento de uma dada solução frente à água. Essa definição foi proposta por Arrhenius. Segundo sua teoria, ácido é toda substância que produz  $H^+$  e base é aquela que produz  $OH^-$ , ambos em meio aquoso. Caso sejam gotejadas algumas gotas de ácido ( $H^+$ ) na água, ocorre uma perturbação no equilíbrio de ionização da água.

Uma consequência importante dessa teoria é a possibilidade de se estabelecer uma escala para medir acidez e basicidade. Essa escala é conhecida como escala de pH. O pH da água pura é igual a 7. Para se determinar o valor do pH, usamos uma expressão matemática, em que  $[H^+]$  é a concentração, em mol/L, de hidrogênio. Expressão para o cálculo do pH:  $pH = -\log [H^+]$ .

Para o caso em que são adicionadas gotas de ácido ( $H^+$ ) na água, passaríamos a ter um aumento na concentração de  $H^+$  e o pH não seria mais 7. Ocorre uma diminuição no valor do pH, que assumiria valor menor do que 7 (Quando a concentração do ácido fica mais próxima de 1, mais próxima de zero se aproxima a função logarítmica). Se, ao contrário, fossem introduzidas gotas de base ( $OH^-$ ) na água, o pH passaria a ser maior do que 7. Substâncias que possuem pH entre 1 e 6 são consideradas ácidas e entre 8 e 14 básicas.

## pH: definição e usos

**pH** é a sigla para **potencial Hidrogeniônico**.

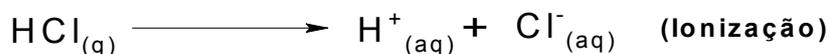
O pH é o log negativo de base 10 da concentração molar de íons hidrogênio ( $H^+$ ) e pode ser calculado a partir da equação:

$$pH: -\log [H^+]$$

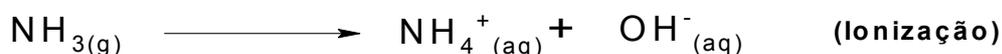
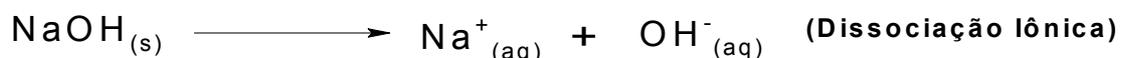
O pH é uma medida do grau de acidez ou basicidade de uma solução, pois é um modo de expressar a concentração dos íons hidrogênio nessa solução. A escala de pH varia de 0 a 14. O valor de pH igual a 7 indica que a solução é neutra. É esse o valor do pH da água pura, que é portanto neutra. Valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas e a acidez aumenta com a diminuição do pH. Valores acima de 7 indicam soluções básicas e a basicidade aumenta com o aumento do pH. O pH é usado para expressar a acidez e basicidade da maioria das soluções e emulsões com as quais lidamos na vida cotidiana, por exemplo a água de rios e oceanos, o sangue, xampus, detergentes, vinagre, etc. No entanto, o pH não é apropriado para expressar a acidez de soluções muito concentradas de ácidos fortes (por exemplo, ácido clorídrico), que teriam valores negativos de pH; e tampouco para expressar a basicidade de soluções de bases fortes concentradas (por exemplo, hidróxido de sódio), que teriam valores de pH acima de 14. A escala de pH é consequência da

teoria ácido-base de Arrhenius, e expressa a idéia de que acidez e basicidade não são propriedades inerentes às substâncias, mas expressam o comportamento dessas substâncias frente a um solvente – no caso a água – que é considerado neutro.

Ácido de Arrhenius: espécie que em solução aquosa libera íons  $H^+_{(aq)}$ .



Base de Arrhenius: espécie que em solução aquosa libera íons  $OH^-_{(aq)}$ .



À temperatura ambiente, cerca de 1 molécula em cada 10 milhões ( $10^7$ ) de moléculas de água está ionizada. Isto significa que, em uma típica piscina cheia de água pura, somente algumas colheres de chá de água estariam ionizadas. Note que, como cada molécula de  $H_2O$  ionizada resulta em 1 íon  $H^+$  e 1 íon  $OH^-$ , esses dois íons estão em quantidades iguais na água pura.



O termo "neutro" aqui quer dizer exatamente isto: concentrações iguais de íons  $H^+$  e  $OH^-$ . Na água pura a concentração de íons  $H^+$  é igual  $10^{-7}$  mol de íons por litro de água e essa é exatamente a concentração dos íons  $OH^-$ . O valor de pH, para essa concentração de íons  $H^+$ , é igual a 7. Para entendermos como funciona uma escala que resulta da aplicação da função logarítmica à concentração dos íons  $H^+$  ( $pH = -\log [H^+]$ ), vamos ver o que significa uma variação de pH de 7 para 6. Quando o pH varia de 1 unidade, a concentração de íons  $H^+$  em solução aumentou 10 vezes. Uma variação de pH de um rio qualquer de 6 para 4 indica que a concentração de íons  $H^+$  aumentou 100 vezes! Um aumento enorme de acidez, que pode ter conseqüências dramáticas para as formas de vida existentes nesse rio. Portanto, a escala de pH é conveniente porque pequenas variações de pH expressam variações muito grandes na acidez e basicidade das soluções, e isso potencializa o uso da escala para uma variedade de sistemas com diferenças muito grandes na concentração de íons  $H^+$  ou  $OH^-$ .

## 12. O pH DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

Os organismos possuem uma estreita faixa de tolerância às mudanças de pH. Esse parâmetro, por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições próximas à neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo, com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.

O pH costuma ser alto em regiões com pouca precipitação, influenciado pelo mar e em açudes de solo alcalino; e costuma ser baixo quando há um aumento de ácidos orgânicos dissolvidos na água. Lembre-se de que quanto maior a acidez, menor é o pH.

As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9, sendo ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesse caso, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem a fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água.

O pH é influenciado também pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior é a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver a decomposição desses materiais, muitos ácidos são produzidos, (como o ácido húmico). As águas conhecidas como pretas (por exemplo, o Rio Negro, no Amazonas) possuem pH muito baixo, devido ao excesso de ácidos em solução. Geralmente um pH muito ácido ou alcalino está associado à presença de despejos industriais.

Outro fator que pode influenciar a qualidade das águas são as construções de hidrelétricas, que ocasionam grandes alterações no meio ambiente, devido à construção de grandes represas e à necessidade de se desviarem os cursos de águas naturais. O alagamento, causado pelas represas, na maioria das vezes, causa a deterioração da mata ciliar que acaba sendo arrastada para a água, diminuindo seu pH natural, como discutido anteriormente.

A correção final de pH é uma etapa do tratamento de águas para abastecimento doméstico. Isso é importante, pois previne a corrosão de encanamentos. Para tanto, são adicionados reagentes alcalinizantes à água para que o pH venha a ser elevado até os limites estabelecidos nos padrões de potabilidade. O reagente utilizado nessa etapa é a cal virgem ou a cal hidratada. Em todas as etapas, são efetuadas análises físico-químicas e bacteriológicas, garantindo, assim, um rigoroso controle da qualidade da água produzida nas Unidades de Tratamento. Você já visitou a Unidade de Tratamento de água de sua cidade? Se não, essa é uma ótima oportunidade. Como já sabemos, existe um órgão que estabelece os parâmetros de qualidade das águas, de acordo com seus usos, ou seja, sua classe, como discutido nas primeiras aulas.

## INFLUÊNCIA DO pH EM AMBIENTES AQUÁTICOS

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais e de acordo com a legislação federal (Resolução nº 20 do CONAMA, de junho de 1986), os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos, o pH é também uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, o valor de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. Nos reatores anaeróbios, a acidificação do meio é acusada pelo decréscimo do pH do lodo, indicando situação de desequilíbrio.

O decréscimo no valor do pH que a princípio funciona como indicador do desequilíbrio, passa a ser causa se não for corrigido a tempo. É possível que alguns efluentes industriais possam ser tratados biologicamente em seus valores naturais de pH, por exemplo, em torno de 5,0. Nesta condição, o meio talvez não permita uma grande diversificação hidrobiológica, mas pode acontecer que os grupos mais resistentes, algumas bactérias e fungos, principalmente, tornem possível a manutenção de um tratamento eficiente e estável. Mas, em geral, procede-se à neutralização prévia dos efluentes industriais antes de serem submetidos ao tratamento biológico.

Nas estações de tratamento de águas, são várias as unidades cujo controle envolve as determinações de pH. A desinfecção pelo cloro é um outro processo dependente do pH. A própria distribuição da água final é afetada pelo pH. Sabe-se que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes. O pH é padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,5 e 8,5, de acordo com a Portaria 1469 do Ministério da Saúde. No tratamento físico-químico de efluentes industriais muitos são os exemplos de reações dependentes do pH. Desta forma, o pH é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais. Constitui-se também em padrão de emissão de esgotos e de efluentes líquidos industriais.

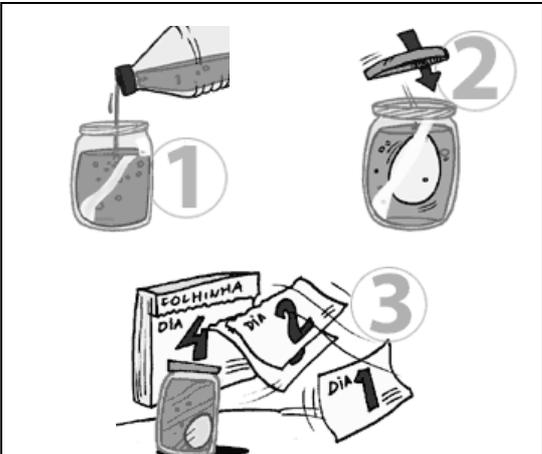
### **PORQUE OS PEIXES NÃO REPRODUZEM EM pH BAIXO?**

Em aulas anteriores já discutimos a influência do pH na vida aquática. Quando o pH da água está baixo (com alto nível de acidez), os peixes encontram maior dificuldade para se reproduzirem com êxito. Os ovos acabam por eclodir antes do tempo sob o efeito de altos índices de acidez, interrompendo prematuramente o ciclo de reprodução.

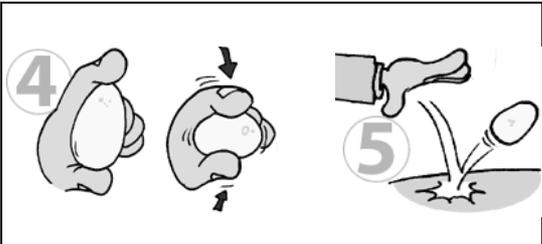
Para ilustrar este fato iremos realizar um experimento bem simples e você irá propor uma explicação para isto baseado no que já aprendemos sobre equilíbrio ácido-base.

Para o experimento serão necessários os seguintes materiais: um pote com tampa, um ovo cru, vinagre e uma colher.

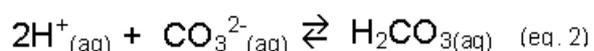
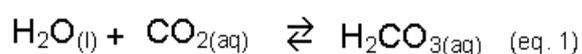
## O QUE FAZER

	<ol style="list-style-type: none"><li>1- Coloque o vinagre no pote, até que o líquido fique mais alto que a altura de um ovo cru. Observe o que acontece e anote suas observações.</li><li>2- Em seguida tampe o pote.</li><li>3- Espere até a próxima semana para ver o que acontece</li></ol>
---	---

### PARA PRÓXIMA AULA

	<ol style="list-style-type: none"><li>4- Com o auxílio de uma colher pegue o ovo, veja como ele está, experimente apertá-lo com os dedos.</li><li>5- Que tal jogá-lo de uma altura baixa?</li></ol>
--	---

Observe as equações 1 e 2 e responda:



- 1- O que aconteceu com a casca do ovo após uma semana? Como você explica esse fato? (dica: o vinagre é constituído por ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , que em solução aquosa se ioniza, produzindo  $\text{H}^+$ ). Explique como essa observação o ajuda a entender o fato de os ovos dos peixes eclodirem em pH baixo.
- 2- Sabendo que um dos constituintes do ovo é o carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$  e que, em meio ácido, temos a presença de  $\text{H}^+$ , qual composto foi formado dentro do pote?

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL II: ANÁLISE DO pH

De olho no Repolho: Estudo do funcionamento de um indicador ácido – base

## I) Introdução

Para análise do pH de uma amostra de água, construiremos primeiro uma escala de pH. Para a construção dessa escala, utilizaremos o extrato de repolho roxo como indicador ácido-base. A cor roxa do repolho é devido à presença de substâncias chamadas antocianinas. As antocianinas têm a propriedade de mudar de cor na presença de ácidos ou bases. Dessa forma, o extrato de repolho roxo apresenta diferentes cores em diferentes valores de pH. Sabendo o valor aproximado do pH para cada cor, podemos determinar o pH de uma solução qualquer, adicionando-a ao extrato de repolho roxo e comparando a cor final obtida.

Para uma boa compreensão dessa prática, é importante retomar alguns conceitos já vistos:

**Equilíbrio químico:** a idéia de equilíbrio químico aplica-se a sistemas com reações reversíveis. Em uma reação reversível, reagentes e produtos coexistem em um processo dinâmico: os reagentes reagem formando os produtos e os produtos reagem formando os reagentes. É, portanto, um conceito diferente de equilíbrio daquele que usamos, por exemplo, para andarmos de bicicleta.

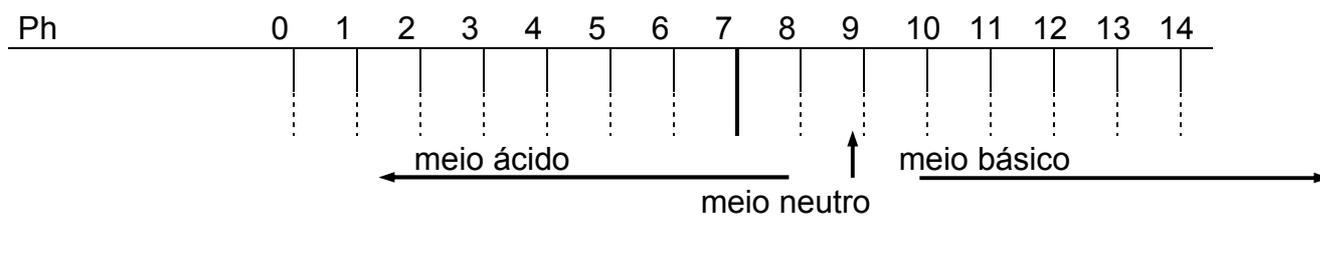
Reagentes                      Produtos

Quando ocorre uma perturbação no equilíbrio, o sistema reage de forma a minimizar essa perturbação. Ex: Se adicionarmos mais reagentes num sistema em equilíbrio, o sistema favorece a formação de produtos; se adicionarmos produtos, o sistema favorece a formação de reagentes.

**pH e a escala de pH:** a escala de pH é usada para medir a acidez e a basicidade de soluções. Ela é construída a partir da seguinte operação matemática:

$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$             onde     $[\text{H}^+] =$  concentração de  $\text{H}^+$  em mol/L.

Na escala de pH, as substâncias que apresentam pH menor que 7 são consideradas ácidas, e substâncias que apresentam pH maior que 7 são consideradas básicas. Em geral, a escala de pH é usada para substâncias que apresentam valores de pH entre 0 e 14.



Neste experimento, vamos construir uma escala aproximada de pH, usando o extrato de repolho roxo como indicador. Em seguida, vamos adicionar o extrato de repolho roxo em uma amostra de água, que queremos analisar. A cor da solução obtida será comparada com a escala de pH construída.

## II) Parte Experimental

### ➤ Preparação do Extrato de Repolho Roxo

Esse extrato deve ser feito pelo professor.

#### • Materiais Necessários

1. Vasilha Metálica de aproximadamente 1 litro;
2. Ebulidor;
3. 3 folhas de repolho roxo;
4. 600 mL de água filtrada.

#### • O que fazer

Colocar as folhas de repolho roxo picadas dentro da vasilha com água, aquecendo por 5 minutos. Resfriar o extrato antes de utilizá-lo.

Obs.: É importante que o extrato seja preparado e usado num curto período de tempo, para que não sofra decomposição.

### ➤ Construindo a Escala de pH

#### • Preparação das Soluções

1. Solução Diluída de Ácido Clorídrico (HCl)

Essa solução é preparada diluindo-se 1,0 mL de ácido clorídrico concentrado em água até completar 100,0 mL.

2. Solução Diluída de Hidróxido de Sódio (NaOH)

Essa solução é preparada diluindo-se uma pastilha de soda cáustica em 100 mL de água.

3. Solução a 2,7% de Hidróxido de Amônio (NH<sub>4</sub>OH)

Essa solução é preparada diluindo-se aproximadamente 10 mL de uma solução a 27% de hidróxido de amônio (que é a concentração na qual o reagente é vendido) em água suficiente para completar 100,0 mL.

### **Materiais utilizados na construção da escala de pH:**

- 1 frasco com o extrato de repolho roxo;
- 1 suporte para tubos de ensaio;
- 1 seringa de 10 mL;
- 5 béqueres de 50 mL;
- 1 caneta de retro projetor;
- Hidróxido de sódio (NaOH);
- Ácido Clorídrico (HCl);
- Hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH);
- Vinagre Branco;
- Álcool Etílico 96 °
- 8 tubos de ensaio;
- 7 frascos rotulados com os seguintes reagentes: água filtrada, HCl diluído, vinagre branco, álcool 96° GL, solução de amônia 2,7% e duas soluções de NaOH (uma solução(I) feita a partir da dissolução de 1 pastilha em 100 mL de água e a outra solução(II) partir da dissolução de 6 pastilhas em 100 mL de água);
- 1 seringa de 10 mL, descartável e sem agulha.

**Atenção!** Os frascos com HCl e NaOH, serão **exclusivamente** manipulados pelo professor.

### **Para a determinação do pH de uma amostra de água:**

- 1 frasco conta-gotas com o extrato de repolho roxo;
- 1 seringa de 10 mL, descartável e sem agulha;
- 1 tubo de ensaio.

### Procedimentos:

- 1) numerar os tubos de ensaio de 1 a 8;
- 2) adicionar, em cada tubo de ensaio, utilizando uma seringa, 3mL do extrato de repolho roxo. Anotar a cor observada do extrato no **quadro 2**;
- 3) adicionar, em cada tubo de ensaio, os outros ingredientes indicados no **quadro 1**. Agitar com cuidado, de forma a não entornar a solução que está sendo preparada. Anotar a cor observada no **quadro 2**, para cada solução preparada;

**Atenção!** Os frascos com HCl e NaOH serão manipulados **exclusivamente** pelo professor. O vinagre branco e a solução de amônia serão adicionados através de conta- gotas. Os outros ingredientes serão adicionados com o auxílio de uma seringa descartável e sem agulha.

- 4) rotular, então, os tubos de ensaio com os valores de pH aproximados, de acordo com o **quadro 1**. Fazer um traço por baixo do valor do pH para diferenciá-lo da numeração do tubo.

**Quadro 1. Preparação da escala padrão de pH**

<b>Soluçã o</b>	<b>Preparo</b>	<b>pH</b>
1	5mL de HCl diluído + 3mL de extrato de repolho roxo	1
2	5mL de água filtrada + 5 mL de vinagre branco + 3mL de extrato de repolho roxo	3
3	5mL de álcool comum + 3mL de extrato de repolho roxo	5
4	5mL de água filtrada + 3mL de extrato de repolho roxo	6
5	5mL de água filtrada + 1 gota da solução de hidróxido de amônio a 2,7% + 3mL de extrato de repolho roxo	9
6	5 mL de água filtrada + 10 gotas de solução de hidróxido de amônio a 2,7% + 3mL de extrato de repolho roxo	11
7	5 mL da solução diluída de NaOH + 3 mL de extrato de repolho roxo	12
8	5 mL de água filtrada + 10 mL de solução diluída de NaOH + 3 mL de extrato de repolho roxo.	14

Quadro 2. Cores observadas para as diferentes soluções preparadas

<b>Solução</b>	<b>Cor observada</b>
Extrato de repolho roxo	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

➤ **Determinação do pH de amostras de água**

• **Materiais Necessários**

1. 4 tubos de ensaio;
2. 1 seringa de 10 mL;
3. 5 béqueres de 50 mL;
4. 1 caneta de retro projetor;
5. Suporte para tubos;

• **Amostras Analisadas**

1. Amostras-Problema contidas no Kit → amostras de água I, II e III.
2. Amostra de água coletada no córrego/lagoa/fonte em estudo

• **Procedimento**

- 1) medir, utilizando uma seringa, 5mL da água a ser analisada e transferi-la para um tubo de ensaio limpo e seco;
- 2) adicionar 3 mL do extrato de repolho roxo;
- 3) agitar com cuidado, de forma a não entornar a solução que está sendo preparada;
- 4) observar a coloração obtida e compará-la com a escala de pH construída utilizando-se extrato de repolho roxo.

5) determinar, com base nessa comparação, o valor aproximado do pH da água analisada.

Obs: Colocar um papel branco de fundo para melhorar a visualização das cores da escala.

6) Repetir as etapas de 1 a 5 para as demais amostras de água.

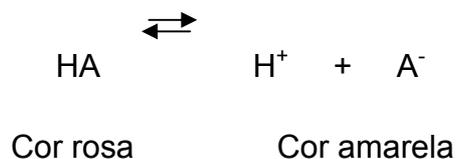
Quadro 3 – Determinação do pH das amostras de água.

Amostra	Coloração Observada	pH aproximado
I		
II		
II		
Coletada		

➤ **Questões para Discussão**

1. O extrato de repolho roxo, como o próprio nome diz, apresenta a cor roxa em água. Porém, ao adicionarmos as substâncias mencionadas na Tabela 1, a cor roxa se modifica. Sabendo-se que as diferentes substâncias adicionadas - HCl diluído, vinagre branco, álcool, solução de amônia e NaOH diluído - são **incolors** em solução, por que a escala construída apresenta diferentes cores?
2. Qual é a função do extrato de repolho roxo no experimento realizado?
3. Nas soluções 1, 2 e 3 foram adicionados ao repolho roxo uma amostra de HCl diluído, vinagre branco e álcool, respectivamente. O que essas substâncias têm em comum em termos de comportamento ácido/básico?
4. Já nas soluções 5, 6, 7 e 8 foram adicionadas ao repolho roxo duas amostras de solução de amônia e 2 amostras de solução de NaOH, respectivamente. O que essas substâncias têm em comum em termos de comportamento ácido/básico?
5. Caracterize os extremos da escala padrão de pH, em termos de comportamento ácido/básico.
6. Um indicador ácido-base existe em duas formas com cores diferentes, uma forma ácida (HA) e uma forma básica (A<sup>-</sup>). Supondo que a forma ácida e a forma básica apresentem as cores rosa e amarela,

respectivamente, a equação química do equilíbrio ácido-base do indicador pode ser representada como



Reconhecendo a presença desse equilíbrio no extrato de repolho roxo, indique qual será a cor predominante do extrato de repolho se:

- a) adicionarmos uma grande quantidade de  $\text{H}^+$ . Explique.
  - b) adicionarmos uma grande quantidade de  $\text{OH}^-$ . Explique.
7. O pH que você encontrou para a água analisada indica que ela é ácida ou básica? Você acha que o pH encontrado permite a existência da vida aquática?