Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto
Departamento de Química
Programa de Pós-Graduação em Química

**Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química
Analítica Qualitativa e a inserção de íons de Terras Raras
no processo de separação analítica de cátions**

Daniela Mica Espimpolo

Dissertação apresentada à Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em Ciências. Área:
Química.

RIBEIRÃO PRETO - SP
2013

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto
Departamento de Química
Programa de Pós-Graduação em Química

**Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química
Analítica Qualitativa e a inserção de íons de Terras Raras no
processo de separação analítica de cátions**

Daniela Mica Espimpolo

Orientadora: Profa. Dra. Yassuko Iamamoto

Dissertação apresentada à Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em Ciências. Área:
Química.

VERSÃO CORRIGIDA

RIBEIRÃO PRETO - SP
2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Espimpolo, Daniela Mica.

Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa e a inserção de íons de Terras Raras no processo de separação analítica de cátions. Ribeirão Preto, 2013.

154 p. : 12 Il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Química.

Orientadora: Iamamoto, Yassuko.

1. Química Analítica. 2. Construção de conhecimento. 3. Terras Raras 4. Atividade Orientadora de Ensino. 5. Solubilidade

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Espimpolo, Daniela Mica

Título: Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa e a inserção de íons de Terras Raras no processo de separação analítica de cátions.

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de
São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área: Química.

Aprovado em 19 de abril de 2013.

Profa. Dra. Yassuko Iamamoto

Instituição: Departamento de Química – FFCLRP/USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Manoel Oriosvaldo de Moura

Instituição: Faculdade de Educação - USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira

Instituição: Departamento de Química - UFSCar

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à minha avó Mathilde,

Por seu amor infinito.

*E por seu abraço me fazer sentir forte e capaz,
mesmo diante da dimensão dos obstáculos.*

*A certeza de tê-la ao meu lado me torna segura o suficiente
para acreditar que, independente do que aconteça,
consequirei prosseguir... Amo você!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença incessante em minha vida, guiando-me ao longo de mais uma jornada. Por iluminar meus caminhos e prepará-los com tanto cuidado e amor. E por fazer das fraquezas e dificuldades, oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

À Profa. Dra. Yassuko, pela orientação neste trabalho. Por sua disposição, paciência e carinho inigualáveis para ensinar-me e para compartilhar suas experiências científicas, profissionais e pessoais. Pela amizade e confiança. Registro aqui minha sincera admiração profissional e pessoal por você! Um verdadeiro exemplo de ser humano!

À Profa Dra. Daniela de Abreu pela co-orientação neste trabalho, pela amizade e confiança, e pelas empreitadas profissionais e pessoais que muito contribuíram para minha *humanização*.

Ao prof. Dr. Osvaldo Serra pela gentil e fundamental colaboração científica na temática Terras Raras.

À banca de exame de qualificação, Profa. Dra. Elaine Araújo e Profa. Dra. Joana de Andrade, pelas contribuições e reflexões que foram de grande valia para o trabalho.

Aos alunos da VIII turma de Licenciatura em Química do DQ da FFCLRP/USP que gentilmente participaram desta pesquisa.

À Amanda Aragão, ao Fabrício Zanardi e ao Felipe Fiani pela produção e edição do vídeo da AOE. E aos que contribuíram com as filmagens dos encontros da AOE: Amanda e Fabrício, novamente; Bruna, Guilherme, Karmel e Vinícius.

À Roberta, pelo auxílio durante a execução dos encontros da AOE e ao Thiago pelo auxílio nos encontros de caráter experimental.

Aos alunos de monitoria das VII, VIII e IX turmas de Licenciatura em Química, pelas inúmeras e agradáveis situações de aprendizagem mútua.

Aos funcionários do Departamento de Química, em especial à Rosângela por seu carisma e alegria contagiante; ao Dias pela paciência e atenção com as cópias de QAQ.

Aos companheiros de laboratório (Bioinorgânica e Terras Raras): Ana Cecília, Claudio Neri, Douglas Silva, Eliane Ribeiro, Fabrício Zanardi, Fernanda, Francisco (Chico), Isaltino (Isalta), Juliana, Lucas Bolzon (Sky), Lucas Zanatta, Nickolas (Shrek), Renata Bernardo e Rodrigo (Pena) pela muitas conversas produtivas e improdutivas tornarem o ambiente de trabalho mais agradável, em especial ao Paulo César (PC) pelo apoio técnico e científico.

À minha mãe Regina, por seu amor incondicional. Por sua força e sabedoria. Por confiar em mim. Por ir à luta e enfrentar a vida, não medindo esforços para cumprirmos juntas mais uma etapa. E por estar ao meu lado em todos os momentos, sempre em busca do “pote de felicidade atrás do arco-íris”... Amo você!

D. M. Espimpolo

Ao meu pai Marco, pelo amor e pelo apoio em cada fase da minha vida, acreditando que não seria em vão. Te amo, pai!

Ao Caio e à Aline, por resgarmos os laços entre nós! E pela força em um momento oportuno. Eu muito anseio pela permanência desta harmonia.

À tia Isa, por seu amor, por suas carinhosas orações que muito me confortam e por ser um exemplo de ânimo e força, essenciais para me fazer seguir sempre adiante.

À tia Vânia e ao tio Arlindo, pelo amor de filha que têm por mim em qualquer circunstância e por suas fervorosas orações que me fortalecem e me fazem perseverar.

À tia Hellen e ao tio Ricardo, pelo amor, pela torcida e pelo incentivo constante em mais esta etapa, ajudando-me a permanecer firme em meus objetivos.

À tia Rosa, ao tio Silvio, à Julia e ao Arthur, pelo amor e torcida, e por seus sorrisos transmitirem alegria contagiante, cruciais para a paz interior.

À minha avó Maria José e à tia Marina, pelo amor, carinho e atenção de sempre, e a todos os tios e tias da família Espimpolo.

Ao meu avô Miguel e ao meu avô Valdir (ambos *in memoriam*) por olharem por mim.

À D. Antônia, à D. Cida e à D. Benedita, minhas avós de coração, pelo carinho e torcida constantes.

Ao João, o Irmão que Deus generosamente colocou em meu caminho. Por buscamos o equilíbrio químico entre os extremos: razão e emoção. E por partilharmos as inquietantes reflexões concernentes à complexa e dialética estrada da vida, que aparentemente não nos levam a lugar algum, mas que indubitavelmente nos permitem amadurecer.

À Mel, pelo carinho, pelos desafios compartilhados, pela sensatez diante dos mesmos e diante das situações adversas, por nossa bela e sincera Amizade.

À Shirlei, pela Amizade, aprendizado profissional, confiança e pelo exemplo de Mulher. Aproveito a oportunidade para registrar minha eterna gratidão e admiração por você!

Ao Jair Casquel, por sua grandiosa sapiência suscitar as mais diversas reflexões, de grande valia para minha formação! Deixo aqui meu sincero respeito e admiração por você!

Aos amigos Amanda, Drielly, Rafa, Serra, Vinícius e Wellington pela cumplicidade de todos os momentos, pela amizade verdadeira.

Aos amigos Cristiano Mello, Diego Garcez, Douglas Monteiro, Fábio Damasceno, Felipe, Luciana e Isafas, Luciano Bachman, Luiz G. Giovanetti, D. Luzia e Sr. Belchior e família, D. Luzia e Sr. Rosendo, Marcelo Cesarino, Márcia e Sr. Einar, Renata e Antônio, às professoras Glaucia Degreve, Kátia Caiado, Lúcia Campos, Bete Zaniquelli; ao CNPq pelo auxílio e bolsa concedidos e a todos aqueles que de alguma forma fazem parte desta história...

O meu sincero ‘muito obrigada’!!!

D. M. Espimpolo

“Na teoria do conhecimento, como em todos os outros campos da Ciência, deve-se raciocinar dialeticamente, i. e., não supor que o nosso conhecimento é acabado e imutável, mas entender de que modo o conhecimento surge do desconhecimento, de que modo o conhecimento impreciso e incompleto se torna mais completo e mais preciso.”

(V. I. Lênin)

Equilíbrio químico: um movimento dialético...

RESUMO

Em atendimento às determinações legais decorrentes da LDB, reestruturações foram introduzidas nos currículos de Química, em especial na disciplina de Química Analítica Qualitativa (QAQ). Tal fato, atrelado à vigente concepção dos estudantes acerca da disciplina de QAQ: a memorização de um grande número de reações químicas; leva à imperativa necessidade de mudanças didático-metodológicas para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais efetivo. É importante salientar que as metodologias de ensino, bem como as avaliações do processo de ensino e aprendizagem, sejam adequadas à maneira como ocorre o processo de construção de conhecimentos dos estudantes. Destarte, a contribuição desta pesquisa consiste no estudo do processo de construção do conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa. Para tanto, uma Atividade Orientadora de Ensino (AOE) (MOURA) voltada à temática “equilíbrio químico em soluções aquosas” foi organizada e desenvolvida com os estudantes do terceiro semestre do curso de Licenciatura em Química do Departamento de Química (DQ) da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP). A pesquisa foi baseada na pesquisa-ação (EL ANDALOUSSI). Os encontros foram videogravados e analisados pautando-se no enfoque Histórico-Cultural (VIGOTSKI) e na Teoria da Atividade (LEONTIEV) considerando, sobretudo, a linguagem. A apresentação da análise foi realizada por meio de episódios (MOURA), nos quais se explicitam a organização do ensino, bem como o movimento de aprendizagem dos estudantes. O princípio geral de separação da marcha analítica a partir da especificidade do teste de ferro(III) com tiocianato e do conceito de solubilidade foram apropriados pelos estudantes. Reagentes de grupo, controle das condições reacionais e o fenômeno de interferência foram igualmente discutidos, possibilitando a internalização destes conceitos pelos estudantes. Foi possível identificar que o processo de construção do conhecimento ocorre por meio de nexos cognitivos, em um constante movimento dialético, propiciado pelas interações estudante-estudante e estudante-professor, de uma dimensão interpéssica para intrapéssica. Observou-se que o papel do professor enquanto mediador deste processo foi fundamental. Além disso, a AOE configura-se como uma ferramenta metodológica em potencial para ser utilizada na disciplina de QAQ. O estudo do processo de construção de conhecimento na disciplina de QAQ foi o tema predominante nesta pesquisa e está apresentado na Parte A desta dissertação. Por outro lado, em decorrência do destaque conferido às Terras Raras (TR) no atual cenário socioeconômico mundial, surge uma oportunidade para se trabalhar na construção de conhecimento químico, no caso a inserção do estudo das propriedades destes elementos no currículo de graduação em Química. Dessa forma, parte desta pesquisa destinou-se à investigação da inclusão dos íons de TR (Nd^{3+} e Pr^{3+}) na marcha analítica e está apresentado na Parte B desta dissertação. Foi possível separá-los junto ao grupo III e posteriormente identificá-los como oxalato de neodímio e oxalato de praseodímio – $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ e $\text{Pr}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$, respectivamente.

Palavras-chave: Química Analítica, construção de conhecimento, Terras Raras.

ABSTRACT

In compliance with legal requirements arising from the LDB, restructurings have been introduced in the Chemistry curricula, especially in the Qualitative Analytical Chemistry (QAC) discipline. This fact, together with current concepts of the students about the QAC discipline, mainly the memorization of a large number of chemical reactions, leads to the imperative necessity of didactic and methodological changes in order to make more effective the teaching and learning processes. It is also important to mention that the teaching methodologies, as well as the evaluation of teaching and learning, must be adequate to way in which the construction of the students knowledge takes place. Thus, the contribution of this research is to study the process of knowledge construction in the QAC discipline. Therefore, a Teaching Guiding Activity (TGA) (MOURA) focused on the "chemical equilibrium in aqueous solutions" theme was organized and developed with students of the third semester of a Chemistry graduation course, at the Department of Chemistry (DC), of the Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto ("School of Philosophy, Sciences and Literature of Ribeirão Preto"- FFCLRP) of the University of São Paulo. The research was based on action research (ANDALOUSSI EL). The meetings were videotaped and analyzed based on the Historical-Cultural approach (VIGOTSKI) and Activity Theory (LEONTIEV), by considering especially the language. The presentation of the analysis was performed by means of episodes (MOURA), in which they explain the organization of teaching, as well as the movement of the students learning. The general principle of systematic separation of inorganic ions, based on the specificity of the iron(III) test with thiocyanate and on the concept of solubility, have been appropriated for the students. The group reagents, the control of the reaction conditions and the phenomenon of interference have also been discussed, thus allowing for the internalization of these concepts by the students. It has been possible to identify that the process of knowledge construction occurs by means of a cognitive nexus, in a constant dialectical movement, caused by student-student and student-teacher interactions, in an intersychic-to-intrapsychic dimension. It has also been observed that the teacher's role as a mediator of this process was essential. In addition, the TGA is configured as a potential methodological tool to be applied in the QAC discipline. The study of the knowledge construction in the QAC discipline was the predominant theme in this research and it is presented in the Part A of this dissertation. Nevertheless, due to the emphasis which is currently placed on Rare Earth elements (RE) in the global socioeconomic scenario, there is an opportunity to work with the construction of the chemical knowledge, for instance, with the inclusion of the study of the properties of these elements in the undergraduate Chemistry courses. Thus, the Part B of this research is devoted to the investigation of the inclusion of RE ions (Nd^{3+} and Pr^{3+}) in the systematic analysis of inorganic ions. It has been possible to separate the two RE ions along with the Group III, with their further identification as praseodymium(III) and neodymium(III) oxalates – $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ and $\text{Pr}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$, respectively.

Key-words: Analytical Chemistry, knowledge construction, Rare Earths.

D. M. Espimpolo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interdependência entre os fatores que compõem a “trindade analítica” de Betteridge.	30
Figura 2: Esquema produzido a partir de MOURA (2010) e LEONTIEV (1978) sobre a constituição do homem enquanto humano a partir de suas necessidades.....	40
Figura 3: Esquema representativo da estrutura da Atividade a partir da Teoria Geral da Atividade de Leontiev (1983).....	42
Figura 4: Movimento dos conceitos científicos e espontâneos em Vigotski.	46
Figura 5: Figura “Movimento de aprendizagem e desenvolvimento orientado em Vygotski” extraída de ARAÚJO (2009).....	49
Figura 6: AOE: Relação entre atividade de ensino e atividade de aprendizagem (proposta por Moraes (2008) extraída de MOURA, 2010, p. 98).	54
Figura 7: Quadro de classificação dos cátions em grupos analíticos, segundo Baccan et al (1997), e os respectivos reagentes de grupo.	61
Figura 8: Esquema de separação dos grupos de cátions na marcha analítica.	62
Figura 9: Quadro sobre as problemáticas relatadas pelos personagens do vídeo envolvendo a qualidade da água da cidade fictícia e as causas químicas das mesmas. .	70
Figura 10: Quadro de relações entre os possíveis cátions causadores do problema da AOE.	77

Figura 11: Espectro UV dos íons em solução aquosa: cobalto II (violeta); permanganato (verde); dicromato (preto); praseodímio III (azul); neodímio III (vermelho). 128

Figura 12: Esquema do procedimento de separação da TR na marcha analítica a partir do grupo III. 133

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Valores de constante de produto de solubilidade em água a 25°C de alguns compostos. Tabela adaptada de <http://ktf-split.hr/periodni/en/abc/kpt.html>. 63
- Tabela 2:** Preço médio em dólares para um padrão de 99% de pureza dos compostos de TR. Tabela extraída e adaptada de lynascorp.com. 127
- Tabela 3:** Produtos de solubilidade de alguns hidróxidos calculados a partir do pKps (ABRÃO, 1994). 135

LISTA DE SIGLAS

AOE	Atividade Orientadora de Ensino.
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais.
DQ	Departamento de Química.
FEUSP	Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
FFCLRP	Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto.
FPS	Funções Psicológicas Superiores.
GEPAPe	Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Atividade Pedagógica.
NDP	Nível de Desenvolvimento Proximal.
NDR	Nível de Desenvolvimento Real.
PPPs	Projetos Políticos Pedagógicos.
QAQ	Química Analítica Qualitativa.
TR	Terras Raras
TRQ-LEP	Tratamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa.
UFAL	Universidade Federal de Alagoas.
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos.
UFU	Universidade Federal de Uberlândia.
USP	Universidade de São Paulo.
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	18
PARTE A: Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa	22
CAPÍTULO 1 A: INTRODUÇÃO	23
1.1 O perfil do profissional de Química: o currículo e a prática pedagógica	23
1.2 Química Analítica Qualitativa: um breve histórico e sua função pedagógica.....	25
1.3 A disciplina de Química Analítica Qualitativa no Departamento de Química da FFCLRP/USP	31
CAPÍTULO 2 A: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	36
2.1 O desenvolvimento humano: hominização e humanização.....	36
2.2 Leontiev e a Teoria da Atividade	39
2.3 O desenvolvimento humano e a aprendizagem à luz de Vigotski	42
2.4 Implicações pedagógicas das teorias de Leontiev e de Vigotski.....	50
2.5 A Atividade Orientadora de Ensino.....	53
2.6 Primórdios da Química Analítica Qualitativa e o movimento sócio-histórico de construção de conhecimentos nesta área	56
2.7 Fundamentos químicos do conteúdo abordado na AOE estruturada nesta pesquisa	60
CAPÍTULO 3 A: METODOLOGIA	67
3.1 Fundamentos teórico-metodológicos: a perspectiva histórico-cultural e a pesquisa	67
3.2 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água”	69
3.3 O método de pesquisa.....	72
CAPÍTULO 4 A: RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
4.1 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 1	75
4.1.1 Episódio 1: Reconhecendo o problema	75
4.1.2 Episódio 2: A especificidade do teste do ferro como promotora da apreensão do princípio da marcha analítica e o desenvolvimento do conceito de solubilidade.....	80
4.1.3 Episódio 3: Estruturação das rotas de identificação dos íons Fe^{3+}	85

4.2 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 2	93
4.2.1 Episódio 4: Teste em laboratório das rotas propostas para análise do íon Fe^{3+} na água da cidade	93
4.3 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 3	99
4.3.1 Episódio 5: Discussão coletiva dos resultados observados durante a análise das rotas propostas pelos estudantes	99
4.4 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 4	108
4.4.1 Episódio 6: Análise de Fe^{3+} em laboratório a partir da rota elaborada coletivamente	108
4.5 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 5	111
4.5.1 Episódio 7: Encerramento da Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água”	111
CAPÍTULO 5 A: CONCLUSÕES	121
 PARTE B: A inserção de íons de Terras Raras no processo de separação analítica de cátions	125
CAPÍTULO 1 B: INTRODUÇÃO	126
1.1 As Terras Raras e o atual contexto socioeconômico	126
1.2 As Terras Raras e a disciplina de Química Analítica Qualitativa	129
CAPÍTULO 2 B: METODOLOGIA	131
2.1 Preparo das soluções de NdCl_3 e PrCl_3 a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$	131
2.2 Separação dos íons Nd^{3+} e Pr^{3+} na marcha analítica.....	131
CAPÍTULO 3 B: RESULTADOS E DISCUSSÃO	134
3.1 Separação dos íons Nd^{3+} e Pr^{3+} na marcha analítica.....	134
CAPÍTULO 4 B: CONCLUSÕES	136
 REFERÊNCIAS	138

ANEXO I.....	143
ANEXO II	
ANEXO III	147
ANEXO IV	148
ANEXO V	149
ANEXO VI.....	150
ANEXO VII.....	151
ANEXO VIII	152

APRESENTAÇÃO

*A utopia está lá no horizonte.
Aproximo-me dois passos, ela se afasta dois passos.
Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos.
Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei.
Para que serve a utopia?
Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.*
(Fernando Birri)

O início desta pesquisa de mestrado se deu a partir da agradável surpresa de ser convidada pela Professora Yassuko e pela Professora Daniela Abreu a escrever um projeto no qual pudéssemos contribuir com a disciplina de Química Analítica Qualitativa.

Professora Yassuko é uma importante incentivadora do curso de Licenciatura em Química do qual atuou como coordenadora durante alguns anos neste Departamento. Apesar de exercer atividades de pesquisa na área de Química Inorgânica e de ensino de graduação na área de Química Analítica, é extremamente engajada com a área de Educação e de fato preocupada com o aprendizado significativo dos estudantes. Por sua experiência como docente responsável pela disciplina de Química Analítica Qualitativa é impelida a registrar suas contribuições na mesma para que as futuras gerações de professores possam apropriar-se desta sua experiência precedente e dar continuidade ao processo de melhorias de modo evolutivo.

Professora Daniela Abreu, atualmente é pesquisadora na área de Ensino de Química do DQ/FFCLRP, também é engajada na área de Educação e igualmente preocupada com a aprendizagem efetiva dos estudantes. Na época que iniciei este trabalho, a referida professora tinha finalizado um pós-doutoramento junto ao Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Atividade Pedagógica (GEPAPe) na Faculdade de Educação de São Paulo, aprofundando estudos sobre Vigotski e sobre a Teoria da Atividade de Leontiev. Este grupo exercita a reflexão sobre a atividade de ensino e de aprendizagem em Matemática e está sob a coordenação do prof. Dr. Manoel Oriosvaldo de Moura, que

desenvolveu o conceito de Atividade Orientadora de Ensino (1992), e também sob a coordenação da profa. Dra. Elaine Sampaio Araújo.

Minha formação é em Licenciatura em Química pelo DQ da FFCLRP e incontestavelmente, a concepção que temos da disciplina de QAQ, enquanto alunos, está atrelada à memorização de um grande número de reações químicas. Escrevo no plural, pois esta também é a impressão praticamente unânime de meus colegas de turma e de estudantes que já cursaram esta disciplina. Hoje percebo/percebemos a real importância desta disciplina para a carreira profissional de um químico e/ou de um professor de química, por familiarizar com substâncias químicas inorgânicas e com a teoria de equilíbrio-químico, fundamental para a compreensão de inúmeros fenômenos. Ao longo do projeto atuei como monitora da disciplina de QAQ durante três semestres, o que me possibilitou avançar significativamente o conhecimento específico desta área.

Ao longo dos anos, reestruturações foram introduzidas nos currículos dos cursos de graduação em Química, em especial na disciplina de Química Analítica Qualitativa, em atendimento às determinações legais decorrentes da LDB. E uma primeira tentativa de inserir modificações na disciplina, para inclusive adequá-la a essas reestruturações curriculares, foi realizada em 2003 com o trabalho de doutorado da profa. Daniela Abreu intitulado “Tratamento de resíduos químicos como ferramenta para promoção da educação ambiental no ensino superior” sob orientação da profa. Yassuko.

Instigadas então pelas várias conversas, inquietações, reflexões, compartilhamento de experiências enquanto docente (a orientadora) e enquanto aluna (a mestranda) da referida disciplina, juntamente com profa. Daniela Abreu, fez-se consenso a necessidade de mudanças didático-metodológicas na disciplina para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais efetivo, rompendo com a visão da QAQ como uma ciência de conhecimentos prontos e acabados adquiridos por via de memorização. É importante que as metodologias de ensino, bem como as avaliações do processo de ensino e aprendizagem, sejam adequadas à maneira como ocorre o processo de construção de conhecimentos dos estudantes. Assim, antes de trabalhar com a inserção de novas propostas didático-metodológicas, optamos por estudar o processo de construção do conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa.

Posto o desafio, fomos em busca de nosso objeto de estudo. Digo desafio não apenas pelo projeto de pesquisa em si, mas também pelo contexto no qual estávamos inseridas, o qual nos apresentou alguns entraves. A fundamentação teórica necessária à essa pesquisa consistiu em algo novo a mim e à orientadora, o que me exigiu grande esforço. Estando matriculada em um programa de Pós-Graduação em Química, as disciplinas ofertadas foram de grande valia para minha formação profissional, mas não me forneceram subsídio teórico necessário para o desenvolvimento do projeto em si. Sendo assim, houve a necessidade de se buscar disciplinas em programas de Pós-Graduação na área de Educação para se conhecer um pouco mais sobre os autores referenciados nessa pesquisa. As disciplinas cursadas foram “Tópicos de Pesquisa em Educação Especial: Fundamentos Teóricos e Metodológicos” do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial na Universidade Federal de São Carlos e “Contribuições da Teoria Histórico-Cultural para a Organização do Ensino” do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. No Departamento de Química da FFCLRP/USP a área de Pós-Graduação em Ensino é inexistente. Na tentativa, ainda acanhada, de consolidar a área de Ensino, 3 docentes (de um total de 54) desenvolvem projetos educacionais junto à graduação. A outra parcela de professores que integra o corpo docente do Departamento de Química atua em pesquisas na área específica de Química. Isso leva à consequente desvalorização da área de Ensino e à desmotivação dos estudantes do curso de Licenciatura em Química, oferecido pelo próprio Departamento, a seguir carreira acadêmica na área.

Ainda assim, buscamos superar esses obstáculos e dar andamento à pesquisa. Ligeiramente utópico? Conforme explica Fernando Birri citado por Eduardo Galeano em seu livro *Palavras Andantes*: “(...) *Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar*”. Movidas então pelo desejo de fazer a diferença e por acreditar piamente na Educação, iniciamos nossa caminhada rumo à concretização de nosso objetivo. Ádua e complexa caminhada. Nítida expressão do verdadeiro e constante movimento dialético em que o processo de formação humana se fundamenta.

Destarte, a materialização deste trabalho representa para nós algo além da investigação do processo de construção do conhecimento na disciplina de QAQ que

originou uma dissertação de mestrado. Tacitamente, representa um passo a frente no que concerne ao início do rompimento da vigente concepção sobre a área de Ensino. Além disso, consiste em um trabalho pioneiro por tentar aproximar duas vertentes muito específicas, ainda que timidamente: teorias educacionais sobre o processo de desenvolvimento do psiquismo humano e a Química no ensino superior.

A proximidade e influência do grupo do Laboratório de Terras Raras do mesmo Departamento, bem como a importância conferida às Terras Raras no atual cenário socioeconômico mundial, nos fez perceber a necessidade de incluir no currículo do curso de Química o estudo destes elementos. Faz-se profícuo ressaltar que de acordo com a perspectiva histórico-cultural adotada neste trabalho, o currículo não se configura como algo engendrado e hermético. Ao contrário, está em constante movimento e suscetível a modificações. Estas devem ser realizadas a partir das necessidades emergentes atuais e desta maneira, a universidade deve estar atenta às necessidades de ensinar novos conhecimentos e incorporá-los no currículo dos cursos pertinentes.

A disciplina de QAQ mostrou-se adequada a essa inclusão e realizamos testes experimentais em laboratório almejando verificar a viabilidade da inserção dos íons de Terras Raras na marcha analítica, como parte desta dissertação de mestrado. A inserção das Terras Raras na marcha analítica consistiu em um estudo inédito de construção de conhecimento na área específica de Química. Esta temática sobre Terras Raras representa uma parcela da pesquisa desenvolvida, mas contribui igualmente para minha formação, uma vez que me permitiu construir conhecimento na área específica utilizando os princípios e teorias de equilíbrio químico.

Assim, a presente dissertação é constituída de um primeiro tema predominante (Parte A) destinado ao estudo do processo de construção do conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa e o segundo tema (Parte B) referente ao estudo da inclusão dos íons de Terras Raras no processo de separação analítica de cátions.

PARTE A

Estudo da construção de conhecimento na disciplina de Química Analítica Qualitativa

CAPÍTULO 1 A: INTRODUÇÃO

Partindo-se da reflexão acerca da função pedagógica da Química Analítica Qualitativa, a presente pesquisa teve como objeto de investigação a construção do conhecimento sobre equilíbrio químico em solução aquosa. Para tanto, uma Atividade Orientadora de Ensino foi estruturada e desenvolvida com estudantes do curso de graduação em Licenciatura em Química matriculados na disciplina de Química Analítica Qualitativa do Departamento de Química da FFCLRP/USP. O caminho metodológico foi fundamental para permitir reflexões de como se dá o movimento de apreensão do conhecimento pelos estudantes com relação ao princípio geral de separação de cátions na marcha analítica centrado no conceito de solubilidade, o qual no contexto da teoria de equilíbrio químico compõe o cerne da QAQ.

1.1 O perfil do profissional de Química: o currículo e a prática pedagógica

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Química (BRASIL, 2001) estabelecem o perfil esperado do profissional de Química. É previsto que, tanto o Licenciado quanto o Bacharel, adquiram ao longo do curso uma formação abrangente e sólida de caráter específico em sua área de atuação, o que é indiscutível. Como a Química configura-se como uma ciência essencialmente experimental, as DCNs preveem que o egresso possua domínio das técnicas básicas de utilização de laboratório. Quanto à formação do químico, é esperado também, que nos cursos de graduação se estimule e desenvolva características tais como o senso crítico, o espírito investigativo e a criatividade para a busca de soluções de questões individuais e coletivas de modo a suprir e atender às necessidades da sociedade. Ainda são atributos esperados do formado em Química a autonomia, a iniciativa e se almeja que seja capaz de intervir em sua própria formação (autoformação). Além disso, que saiba reconhecer a

Química enquanto uma construção humana e compreenda a natureza sócio-histórica de sua produção.

Ressalta-se que há grande similaridade entre a formação desejada para o Licenciado e para o Bacharel, com ressalvas que a atuação do Bacharel poderá se dar nas diversas fases da produção industrial e a do Licenciado, no exercício do magistério. Todavia, a referida pesquisa foi realizada com estudantes do curso de Licenciatura em Química, portanto as considerações ao longo da mesma serão postas baseadas neste público em específico.

Uma visita rápida a alguns projetos políticos pedagógicos (PPPs) de cursos de Licenciatura em Química, como o do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP - USP), do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar – *campus* Sorocaba), contemplam o comprometimento em estimular as características mencionadas durante a formação do estudante de Química. É imprescindível que essas características, além de estarem previstas nos projetos políticos pedagógicos, permeiem o currículo do curso de modo a propiciar que sejam de fato desenvolvidas. Ainda no sentido de possibilitar o desenvolvimento de tais características, a prática pedagógica também precisa estar em consonância com o currículo.

Entende-se neste trabalho, currículo como a experiência formativa em sua plenitude. Segundo Giroux (1997), o conteúdo curricular e a prática pedagógica que visem à formação crítica dos estudantes devem caminhar em busca de tornar a experiência do estudante problematizada e reflexiva, tornando a construção do conhecimento como algo de caráter emancipador, *“possibilitando que os estudantes desenvolvam uma imaginação social e coragem cívica capaz de ajudá-los a intervir em sua própria autoformação, na formação dos outros e no ciclo socialmente reprodutivo da vida em geral”* (GIROUX, 1997, p. 17). Na visão de Giroux, os professores precisam descobrir como, a partir da experiência de seus estudantes, o conhecimento é construído ativamente por meio do constante movimento de transformações sucessivas, as quais são responsáveis pela formação da mente humana.

Vale destacar que se defende aqui a ideia de que nenhum trabalho teórico fornecerá todos os subsídios para a prática em sala de aula. Se assim o fosse, estar-se-ia em desacordo com o referencial adotado nesta pesquisa, uma vez que é assumida uma postura dialética na construção do conhecimento e, por conseguinte, a existência de uma relação dialética entre teoria e prática.

As DCNs e os PPPs abrangem a visão de Giroux no que diz respeito à formação humanística e ampla dos químicos. Sendo assim, faz-se necessário pensar em um currículo e em uma prática pedagógica que propiciem que o estudante saia da condição de indivíduo passivo e passe a ser crítico, ativo e a intervir em sua própria formação.

Buscando romper com a estrutura tradicional dos cursos de Química e atender o exposto acima, algumas inovações foram introduzidas no PPP do curso de Licenciatura em Química do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (DQ/FFCLRP/USP). Este curso de Licenciatura em Química foi implantado em 2003 no DQ/FFCLRP/USP com a extinção da modalidade Licenciatura em Química diurna juntamente com o curso de Bacharelado. As inovações são vivenciadas a partir da inserção na estrutura curricular do curso, por exemplo, por meio do desenvolvimento de atividades denominadas como “Práticas como Componente Curricular”, das “Atividades Científico-Culturais”, do “Estágio Supervisionado Integrado” (SILVA E RETONDO, 2007).

Tendo em vista que a prática pedagógica também precisa ser condizente para se alcançar a formação desejada do futuro profissional, as disciplinas que compõem o currículo dos cursos de Licenciatura em Química necessariamente devem adotar estratégias que possibilitem esta formação ampla.

Uma disciplina que se destaca nos currículos do referido curso é a Química Analítica Qualitativa (QAQ), o que será explicitado na seção seguinte juntamente com um breve histórico da mesma.

1.2 Química Analítica Qualitativa: um breve histórico e sua função pedagógica

A Universidade de São Paulo foi fundada em 25 de janeiro de 1934 juntamente com a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Diversos professores europeus atuantes em várias áreas do conhecimento foram selecionados e contratados para organizar, dirigir e desenvolver diversos setores da referida Faculdade. O setor das Ciências Químicas ficou ao encargo do professor alemão Heinrich Rheinboldt (1891 - 1955). Rheinboldt, influenciado pela tradição alemã, acreditava que a base do ensino era a intuição e que para o estudante aprender a pensar deveria vivenciar os fenômenos. Por este motivo priorizava as aulas experimentais e os cursos práticos eram bastante amplos. A Química Analítica no Brasil fundamentou-se grandemente na “escola de Rheinboldt” e seu desenvolvimento enquanto disciplina nos cursos de graduação em Química esteve relacionado ao enfoque dado à análise de minerais e à determinação de suas composições (MATHIAS, 1975).

Naquela época, os cursos de Química Analítica Qualitativa eram ministrados a partir dos denominados colóquios, que objetivavam promover conexões entre os fenômenos teóricos e práticos. Segundo Rheinboldt (1951), algumas disciplinas eram ensinadas mais eficientemente sob a forma de colóquios que sob a forma de aulas tradicionais.

Rheinboldt foi um grande educador e teve vários discípulos, nos quais imprimiu o grande entusiasmo pelo trabalho científico. Um dos primeiros deles, Paschoal Senise (1917 - 2011), iniciou suas pesquisas na área de Química Analítica em 1951 (MATHIAS, 1975). Senise tornou-se professor e dentre seus estudantes, Oswaldo Espírito Santo Godinho destacou-se por tornar-se docente no Instituto de Química da Universidade de Campinas e por publicar, juntamente com outros docentes da mesma instituição, um dos livros de QAQ mais utilizados no país intitulado “Introdução à Semimicroanálise Qualitativa” (BACCAN et al, 1997). Outros livros também foram/são amplamente utilizados para o ensino de QAQ como os dos autores A. I. Vogel (1981 e 1986), V. N. Alexéiev (1975) e T. Moeller e O’Connor (1972).

A partir dos anos 60, as publicações sobre a Química Analítica Qualitativa tiveram seu foco voltado para a área de ensino. O avanço dos métodos instrumentais suscitou discussões acerca da importância e da permanência ou não da referida disciplina nos currículos dos cursos de graduação em Química em vários países. Muitos

artigos publicados na época traziam discussões que versavam sobre o assunto (BECK II, 1994; KOLTHOFF, 1994).

A disciplina de Química Analítica Qualitativa foi retirada dos currículos dos cursos universitários dos Estados Unidos. Parte das atividades de laboratório foi incorporada na disciplina de Química Geral. E dessa maneira, ocorreu uma diminuição da carga horária destinada às atividades experimentais, bem como aos conteúdos específicos da análise qualitativa, principalmente na temática “equilíbrio químico” (ALVIM e ANDRADE, 2006).

Tal fato pode ser explicado pela depreciação que a análise qualitativa clássica sofreu por conta do desenvolvimento dos métodos instrumentais, dentre eles os métodos espectroscópicos e eletroquímicos. No campo industrial a determinação de elementos por estes métodos ganhou destaque, por serem cada vez mais sensíveis e rápidos, fazendo com que os procedimentos clássicos da análise qualitativa fossem considerados obsoletos (FREISER, 1957). Faz-se cabível neste aspecto uma reflexão destacada por Senise (1985) em seu artigo quando menciona que “(...) a ênfase excessiva na inovação pode levar a distorções que se tornam até pitorescas”(SENISE, 1985, p. 60). A complexidade que acaba sendo atribuída ao trabalho analítico, muitas vezes desnecessariamente, por meio da utilização de métodos sofisticados, pode gerar gastos e perda de tempo, quando um simples procedimento poderia solucionar o problema. Além disso, pode tornar a tarefa mecânica ao ponto de alienar o (futuro) químico das teorias e conceitos científicos envolvidos. Senise (1985) comenta um exemplo citado por Lott que pode ilustrar este pensamento: como descobrir se de fato certa amostra de açúcar foi contaminada por bicarbonato de sódio?

O que fazer para identificar o contaminante de que se suspeitava; dissolver a amostra em água e analisá-la por espectrometria de chama ou de absorção atômica, ou então, usar eletrodo de íon seletivo para sódio ou ainda, fazer uso de um difratômetro de raios X para caracterizar os cristais de bicarbonato? Na verdade, porém, o procedimento mais ‘engenhoso’ foi o de simplesmente juntar ácido clorídrico diluído à amostra e observar a efervescência (SENISE, 1985, p. 60).

É claro, que equipamentos sofisticados de última geração são imprescindíveis para determinados tipos de trabalho, mas Senise (1985) comenta que Lott solicita que nos lembremos “*de que papel para teste de pH não precisa de calibração!*” (SENISE, 1985, p. 60). A crescente necessidade que se apresentava/apresenta de se dispor de caracterizações mais amplas no que diz respeito a limites de detecção, a sensibilidade, a maior rapidez de respostas acabam por levar ao caminho natural da automação e computação. Todavia, não se deve deixar de buscar e optar por metodologias de maior simplicidade como uma maneira de se alcançar mais facilmente o alvo desejado.

Mesmo diante destes entraves, muitos acadêmicos perceberam a real importância da Química Analítica e esta foi se reerguendo e retomando seu papel essencial nos currículos dos cursos superiores. A exclusão da disciplina de QAQ dos currículos dos cursos de Química foi posteriormente considerada um grande erro. Uma pesquisa realizada por Hovey (1963) com estudantes de cursos de Química por meio de um questionário enviado a vários departamentos de instituições diversas aponta para o fato de a maioria deles defenderem a importância da Química Analítica nos currículos dos cursos de graduação, justificando que é uma disciplina que propicia o ensino efetivo da teoria de equilíbrio químico, bem como de algumas técnicas de laboratório. Cabe aqui mencionar a declaração de Henry Taube, ganhador do prêmio Nobel de Química de 1983 com relação à QAQ:

Acho que um dos maiores enganos foi cometido quando a análise qualitativa foi suprimida do currículo. Este era um modo de introduzir a química descritiva que, se olharmos mais a fundo, pode despertar o interesse dos estudantes por reações. Eu considero as reações como sendo o coração da química (ALVIM e ANDRADE, 2006).

Um levantamento realizado por Alvim e Andrade (2006), demonstra que o conteúdo da disciplina QAQ (ou equivalente) parece ser considerado pelas Instituições de Ensino Superior brasileiras como um conjunto de conhecimentos essencial e obrigatório para a formação do Químico. A importância da disciplina fica evidente quando se analisa o quão empregadas podem ser as reações estudadas na mesma em vários métodos de laboratório, além de serem fundamento básico para inúmeros deles.

Além disso, a aplicabilidade da análise química se faz rotineira em diversos testes analíticos do controle de qualidade de diversos materiais.

Como exposto, a disciplina de QAQ ocupa papel peculiar no currículo dos cursos de Química e, de certa forma, destaca-se dentre as demais porque além da sólida formação específica referente aos conceitos científicos envolvidos na teoria de equilíbrio químico em soluções aquosas e de prover habilidades técnicas de laboratório por meio do processo de separação e identificação de íons, também permite que o estudante se desenvolva de maneira mais ampla conforme requerido pelas DCNs e descrito nos PPPs. Um atributo interessante comentado por Alvim e Andrade (2006) desta disciplina é que a mesma desenvolve nos estudantes uma atitude de pesquisador, uma vez que terão a oportunidade de trabalhar com amostras desconhecidas. O processo de descoberta da composição química de uma amostra faz com que o indivíduo lance mão de uma sequência de “**pensar e agir**” que é similar àquela utilizada em pesquisa. Os procedimentos e técnicas de separação e identificação de íons abordados nesta disciplina são relativamente simples e estimulam e desafiam os estudantes a pensarem criticamente, desenvolvendo seu espírito investigativo. Neste sentido, Senise (1985) compartilha desta ideia ao citar a chamada “trindade analítica” de Betteridge: *“apesar dos grandes avanços havidos nos últimos cem anos, o que parece manter-se constante é a interdependência de três fatores – teoria, técnicas e problemas”*. A busca por solucionar problemas acaba por gerar técnicas e estas, por sua vez, estimulam o surgimento de novas ideias (teorias). Assim, a trindade analítica, inerente à análise química, pressupõe que a partir de um problema, o estudante pode construir conhecimento teórico.

Senise continua, dizendo sobre o constante movimento existente entre esses fatores componentes da “trindade analítica”:

(...) Os problemas se multiplicam, exigindo novas e mais aperfeiçoadas técnicas de trabalho, apoiadas em fundamentos teóricos sólidos, técnicas e princípios que por sua vez põem em evidência problemas latentes, não percebidos anteriormente, mas nem por isso não relevantes (SENISE, 1985, p. 55).

Elaborou-se neste trabalho um esquema (figura 1) buscando elucidar essa interdependência constante entre problemas – teorias – técnicas, a qual sugere que a

“trindade analítica” é um constante devir entre os mesmos. Esse constante movimento de ir e vir, dialético, é responsável pelo processo de construção do conhecimento no caso das análises químicas ao longo da história da humanidade. Interessante ressaltar que este movimento também pode ser possibilitado no contexto da disciplina de QAQ quando o estudante se depara com o problema de descobrir a composição química de uma amostra desconhecida, por exemplo, e deve pensar e agir criativamente para solucioná-lo. É essencial que de fato este movimento esteja presente na disciplina de QAQ para que os estudantes se apropriem do próprio processo de construção do conhecimento científico e para aguçar seu espírito investigativo, visto que novos conhecimentos suscitarão novos problemas.

Figura 1: Interdependência entre os fatores que compõem a “trindade analítica” de Betteridge.

Evidencia-se assim, a função pedagógica da QAQ enquanto promotora e estimuladora da formação ampla dos estudantes por despertar o espírito investigativo dos estudantes, seu senso crítico, sua criatividade e autonomia. O estudante pode ainda desenvolver uma postura ética e responsável ao passo que suscita a reflexão sobre a utilização em pequenas escalas de reagentes para separação e identificação de amostras, bem como a questão ambiental envolvida no descarte dos mesmos.

1.3 A disciplina de Química Analítica Qualitativa no Departamento de Química da FFCLRP/USP

A disciplina de Química Analítica Qualitativa (QAQ) é oferecida aos cursos de Bacharelado e de Licenciatura em Química do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (DQ/FFCLRP/USP) logo no início de ambos os cursos - terceiro semestre. Nesse momento, os estudantes já cursaram a disciplina de Iniciação a Química (curso de Licenciatura) e de Química Geral (curso de Bacharelado), onde o tema “equilíbrio químico” faz parte do conteúdo teórico abordado. Ao final da disciplina de QAQ, almeja-se que o estudante seja capaz de compreender os princípios básicos envolvidos na teoria sobre “equilíbrio químico em soluções aquosas” (equilíbrio ácido-base, de precipitação, de complexação e de óxido-redução), os quais são necessários à interpretação dos fenômenos que ocorrem nas diversas áreas da Química; bem como compreender as propriedades dos principais grupos de cátions e ânions e os fundamentos de separação e identificação desses grupos (marcha analítica) a partir do conceito central de **solubilidade**. Em seguida são oferecidas disciplinas como Química Analítica Quantitativa, Análise Instrumental, Química Inorgânica, Química Ambiental e Tratamento de Resíduos Químicos de Laboratórios de Ensino e Pesquisa (TRQ-LEP), nas quais os conteúdos estudados em QAQ são primordiais e vastamente utilizados. As disciplinas de Química Ambiental e de TRQ-LEP mencionadas foram instituídas no curso de Química do DQ-FFCLRP/USP há alguns anos, sendo este fato decorrente das orientações da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996) promulgada em 1996 - Lei 9394/96, e em atendimento ao Edital nº 04/97 da Secretaria de Educação Superior do MEC (BRASIL, 1997), que estabelecem a flexibilização curricular através da inserção de atividades que possibilitem correlações entre áreas. A inclusão de tais disciplinas levou à redução da carga horária de disciplinas do núcleo básico como foi o caso de QAQ. A carga horária despendida à disciplina de QAQ era extensa e foi sendo reduzida gradativamente: em 1990 a carga horária era de 11 horas semanais, em 1992 passou para 10 horas, em 1998 para 8 horas e passou a ser de apenas 6 horas semanais a partir de 2001.

Algumas reformulações foram então introduzidas na disciplina no Departamento de Química da FFCLRP/USP após muitas reflexões e discussões (ABREU et al, 2006). Houve a reestruturação do conteúdo e uma apostila de laboratório foi elaborada com alguns diferenciais (ABREU, 2003) se comparada aos livros-texto (CURTMAN, 1959; MOELLER, 1972; ALEXÉIEV, 1975; VOGEL, 1981; BACCAN, 1997) clássicos de QAQ. Informações relevantes e questões foram inseridas no decorrer dos experimentos e não em notas de rodapé ou no final do capítulo. Isso permitiu fazer com que o estudante pudesse preparar-se previamente à realização dos experimentos refletindo sobre o procedimento experimental e pudesse entender as reações e condições reacionais no momento da sua execução. Por exemplo, no teste de identificação do íon K^+ com o íon complexo hexanitrocobaltato – $[Co(NO_2)_6]^{3-}$; o íon NH_4^+ é eliminado pela adição de excesso de base forte e aquecimento, pois é um interferente deste teste. Posteriormente, é adicionado ácido acético até pH=5 para reagir com o excesso de base e para se obter uma solução tampão. Após a descrição desse procedimento na apostila foram colocadas as seguintes questões:

- *Quais as espécies presentes na solução após a reação?*
- *Por que essa solução é um tampão?*
- *Se o meio estiver muito ácido o que pode acontecer com o reagente $[Co(NO_2)_6]^{3-}$?*
- *E se o meio estiver alcalino?*

Geralmente toda a teoria e os procedimentos das aulas práticas eram apresentados na íntegra antes de sua execução no laboratório. Assim, outra modificação introduzida na disciplina foi com relação ao momento de discussão dos experimentos que passaram a ser realizados após o experimento. Durante a discussão os fundamentos teóricos e as principais propriedades dos constituintes do grupo eram apresentados. Apenas algumas instruções e cuidados experimentais básicos eram apresentados rapidamente antes do experimento. Esta modificação pode ser considerada produtiva no sentido de os estudantes mostrarem-se motivados para discutir os problemas que surgiam durante o experimento por vivenciarem primeiramente a situação experimental. As questões inseridas no roteiro experimental contribuíram para promover a reflexão sobre os fenômenos observados na prática (ABREU, 2003).

Todavia, mesmo com a introdução destas modificações citadas, o aprendizado dos estudantes ainda têm ficado aquém do desejado, visto os resultados de relatórios e provas. Grande parte dos estudantes alega recorrentemente que esta disciplina caracteriza-se pela memorização das reações abordadas no decorrer da marcha analítica para separação e identificação dos cátions. Possivelmente, o aprendizado dos estudantes pode ser dificultado pela mera reprodução dos procedimentos experimentais em laboratório durante as aulas, mesmo quando proposta uma atividade de descoberta da composição química de uma amostra desconhecida. Isso torna o aprendizado mecânico e leva os estudantes a atribuírem esse caráter de memorização dos conhecimentos envolvidos na marcha analítica. Esta visão dos estudantes pode ser decorrente também da não percepção da relação entre teoria e prática, que talvez ainda não fique evidenciada ao longo da disciplina. O aprendizado significativo do conteúdo específico de QAQ e atributos como reflexão, senso crítico e criatividade ainda precisam ser eficientemente ensinados e despertados durante a disciplina.

Diante deste cenário, alterações precisam ser realizadas no que diz respeito à prática pedagógica, ao método. Portanto, torna-se evidente a necessidade de se investigar e estudar como ocorre o processo de aprendizagem dos conceitos fundamentais na disciplina de QAQ para que assim, intervenções didático-metodológicas posteriores possam ser introduzidas de maneira eficaz. Assim, a prática pedagógica poderá se fazer condizente com o currículo, contribuindo de fato para o processo de formação específica e ampla dos futuros químicos de modo a contemplar o requerido pelas DCNs e os PPP dos cursos de Química.

Alguns questionamentos se fizeram então pertinentes e nortearam o presente trabalho: “como se dá o processo de construção do conhecimento na disciplina de QAQ?”; “como os estudantes aprendem?”; “como ter indícios do processo de apreensão de conhecimentos envolvidos na disciplina de QAQ?”; “a linguagem seria um caminho?”.

A perspectiva histórico-cultural nos pareceu adequada para refletir e discutir estas questões, primeiramente por conceber que a aprendizagem se dá na interação dos sujeitos com o meio, com os objetos e com os outros indivíduos. Aos que se propõem a investigar o processo de aprendizagem é inevitável perguntar-se: “**como** o ser humano

aprende?” Lev Semionovich Vigotski (1896 - 1934) e Alexei Nikolaevich Leontiev (1904 - 1979), psicólogos soviéticos do século XX, o fizeram notadamente com o enfoque histórico-cultural e a Teoria da Atividade, respectivamente, ambos fundamentados no materialismo histórico-dialético. Corroboramos com estes autores, uma vez que assumem que a evolução do homem é dada socialmente, de maneira coletiva, por meio da interação com outros indivíduos.

Acreditamos que o ensino apenas configura-se como tal, caso promova o desenvolvimento do psiquismo humano, sendo assim torna-se imprescindível que se busque adequar o ensino de modo a estimular o processo de desenvolvimento. Desta maneira, Moura (2010), propõe o que denomina de Atividade Orientadora de Ensino (AOE) como uma possibilidade para realizar a atividade educativa considerando-se o conhecimento produzido sobre os processos humanos de construção do conhecimento. A estrutura da AOE baseia-se nos princípios do desenvolvimento do psiquismo abordados por Leontiev e Vigotski, visto que ela parte da ideia de promover uma necessidade nos estudantes acerca da busca por apropriar-se de um determinado conceito.

Dada a complexidade e dinamicidade do processo de construção do conhecimento, o qual é objeto de estudo da presente pesquisa, este não é facilmente acessível. Desta maneira, decidimos adotar a AOE como possibilidade para torná-lo passível de análise e estudo. Assim, buscou-se estruturar uma AOE a partir da necessidade de investigação de possível(is) substância(s) – íon(s) – causadora(s) de algumas alterações na água de abastecimento de uma cidade fictícia.

Podemos dizer que a AOE configurou-se como um recurso metodológico para tentar colocar o objeto em estudo em um movimento passível de investigação. Para tanto, a linguagem forneceu indícios do processo de apreensão de conhecimentos, uma vez que AOE foi realizada com grupos de estudantes e vários diálogos foram estabelecidos entre eles.

Destarte, pretendeu-se neste trabalho estudar o processo de construção do conhecimento no contexto da disciplina de QAQ por meio de uma situação diferenciada de ensino, uma AOE, desenvolvida com estudantes do curso de Licenciatura em Química do DQ da FFCLRP/USP. A pesquisa foi baseada na pesquisa-ação (EL

ANDALOUSSI, 2004). A apresentação da análise dos dados foi realizada por meio de episódios (MOURA, 2004), nos quais se explicitam a organização do ensino, bem como o movimento de aprendizagem dos estudantes.

CAPÍTULO 2 A: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O desenvolvimento humano: hominização e humanização

Muitos estudiosos realizaram e realizam a busca por desvendar o que faz o homem natural constituir-se enquanto homem e como ocorre seu desenvolvimento enquanto ser pensante que é.

Há milhões de anos atrás se inicia o desenvolvimento da espécie humana seguindo por vários estágios. Leontiev (1978) descreve e caracteriza estes estágios, sendo o primeiro deles representado pelos australopitecos. Estes seres:

(...) Eram animais que levavam uma vida gregária; conheciam a posição vertical e se serviam de utensílios rudimentares, não trabalhados; é verossímil que possuísem meios extremamente primitivos para comunicar entre si. Neste estágio reinavam ainda sem partilha as leis da biologia (LEONTIEV, 1978, p. 262).

Neste estágio, portanto, o desenvolvimento humano era submetido apenas às leis biológicas. O segundo estágio compreende desde o surgimento do pitecantropo até a época do homem de Neanderthal. Apesar de as leis biológicas ainda regerem a formação do homem neste estágio, o mesmo é marcado pelo início da criação de instrumentos e pelos primeiros indícios de **trabalho** e **sociedade**. Aqui se observa uma transição do processo de **hominização** para os primórdios do processo de **humanização**. O primeiro refere-se à evolução filogenética do homem, ou seja, enquanto espécie biológica; já o segundo faz alusão à evolução do homem enquanto ser social. Neste momento, pode-se dizer que a **produção** passa a influir no desenvolvimento humano.

Assim se desenvolvia o homem, tornando sujeito do processo social de trabalho, sob a ação de duas espécies de leis: em primeiro lugar, as leis biológicas em virtude das quais os seus órgãos se adaptaram às condições e às necessidades da produção; em segundo lugar, as leis sócio-históricas que regiam o desenvolvimento da própria produção e os fenômenos que ela engendra (LEONTIEV, 1978, p. 263).

Um terceiro estágio ainda é observado na formação humana, o qual é representado pelo *Homo Sapiens*, o tipo de homem atual. Neste estágio inicia-se a natureza essencialmente sócio-histórica do homem, ocorre efetivamente a libertação com relação à sua dependência para com as modificações biológicas. Isso não quer dizer que os progressos em termos de evolução biológica cessaram, mas que o desenvolvimento humano não se encontra estritamente atrelado à hereditariedade das transformações anatômicas.

Entretanto, como é possível esta evolução sócio-histórica do homem?

O caráter sócio-histórico do desenvolvimento humano foi estudado primeiramente por Marx com a introdução do termo **apropriação**. No contexto do materialismo histórico-dialético, apropriar-se “*implica fazer e usar instrumentos numa transformação recíproca de sujeitos e objetos, constituindo modos particulares de trabalhar/produzir*” (SMOLKA, 2000, p. 28).

Por meio da atividade produtiva e criadora que é o **trabalho**, os homens fabricam seus instrumentos e neles é que são fixadas sua cultura material e intelectual. Uma vez que novas gerações surgirão já imersas numa sociedade onde objetos já foram produzidos por gerações precedentes, as novas gerações poderão apropriar-se das operações motoras incorporadas e acumuladas nesses objetos. Dessa maneira, explica-se a natureza sócio-histórica do desenvolvimento do homem.

O mesmo processo sócio-histórico de desenvolvimento é observado para o psiquismo do homem. As aptidões intelectuais são igualmente incorporadas nos instrumentos produzidos e é por meio da apropriação destas que é promovida a evolução do pensamento.

O mesmo se passa com o desenvolvimento do pensamento ou da aquisição do saber. Está fora de questão que a experiência individual de um homem, por mais rica que seja, baste para produzir a formação de um pensamento lógico ou matemático abstrato e sistemas conceituais correspondentes. Seria preciso não uma vida, mas mil. De fato, o mesmo pensamento e o saber de uma geração formam-se a partir da apropriação dos resultados da atividade cognitiva das gerações precedentes (LEONTIEV, 1978, p. 266).

O processo de apropriação das aquisições intelectuais humanas acaba por gerar novas funções psíquicas superiores (LEONTIEV, 1978), as quais são entendidas como os processos tipicamente humanos como memória, imaginação, atenção, criatividade, representação simbólica das ações, pensamento abstrato etc. São ditas ‘superiores’ para diferenciar dos processos elementares de origem biológica como reações automatizadas, ações reflexas, ou associações simples entre eventos. Conforme explica MOURA, SFORNI e ARAÚJO (2011):

(...) na produção da faca, não se molda apenas a pedra, mas também o pensamento humano. Assim, funções psicológicas superiores como atenção, percepção, memória, raciocínio, correspondem às interações materiais e humanas que o sujeito efetivamente estabelece com a cultura disponível socialmente, ou seja, a um determinado nível de desenvolvimento de instrumentos corresponde um nível de desenvolvimento psíquico (MOURA, SFORNI e ARAÚJO, 2011, p. 43).

Evidentemente, tais apropriações da cultura intelectual humana não são transmitidas de gerações em gerações unicamente pelo contato direto dos indivíduos com os próprios instrumentos. Relações entre homem-objeto, homem-homem e homem-meio são observadas neste processo. O indivíduo e o instrumento estão inseridos em um contexto onde há outros seres e os mesmos intermediarão as múltiplas relações necessárias à apropriação das aquisições incorporadas no instrumento e desta forma possibilitar o desenvolvimento das funções psíquicas superiores. As interações ocorrem em um movimento de transformações recíprocas entre homem e instrumento, estabelecendo uma relação dialética entre eles. No processo de apropriação a **comunicação** se faz condição crucial e, por conseguinte a **linguagem** é desenvolvida. Se assim não o fosse a continuidade do progresso histórico da humanidade estaria comprometida. Leontiev (1978), utilizando um exemplo de Piéron, ilustra este fato:

Se o nosso planeta fosse vítima de uma catástrofe que só pouparia as crianças menores e na qual pereceria toda a população adulta, isso não significaria o fim do gênero humano, mas a história seria inevitavelmente interrompida. Os tesouros da cultura continuariam a existir fisicamente, mas não existiria ninguém capaz de revelar às novas gerações o seu uso. As máquinas deixariam de funcionar, os

livros ficariam sem leitores, as obras de arte perderiam sua função estética. A história da humanidade teria de recomeçar (LEONTIEV, 1978, p. 273).

Leontiev conclui o exemplo supracitado colocando em evidência o papel fundamental da educação na manutenção deste processo (sócio-)histórico da humanidade: *“O movimento da história só é, portanto, possível com a transmissão às novas gerações, das aquisições da cultura humana, isto é, com educação”* (LEONTIEV, 1978, p. 273).

Os aspectos expostos, mormente o caráter sócio-histórico de seu desenvolvimento, tornam os homens diferentes dos outros animais.

Nesse tocante, Leontiev introduz o conceito de **Atividade**, o qual será apresentado na seção subsequente.

2.2 Leontiev e a Teoria da Atividade

Leontiev define o termo Atividade como sendo *“aqueles processos que, realizando as relações do homem com o mundo, satisfazem uma necessidade especial correspondente a ele”* (LEONTIEV et al, 2001, p. 68). O termo Atividade é traduzido do alemão *tagitkeit* e do russo *deyatel'nost*, sendo entendido segundo TOLMAN (1988) como:

Um conceito que conota a função do indivíduo em sua interação com o que o cerca. A Atividade psíquica é uma relação específica de um corpo vivo com o ambiente, media, regula, e controla as relações entre o organismo e o ambiente. A atividade psíquica é impelida por uma necessidade (...) (TOLMAN, 1988, p. 16).

Ainda em Tolman (1988), o termo **necessidade**, traduzido do alemão *bedurfnis* e do russo *potrebnost*, é *“algum tipo de requisito para qualquer atividade”*. Assim, todo e qualquer ser que mantenha interações com o meio que o cerca movido por suas necessidades para manter-se neste meio pode **estar em Atividade**. Portanto, os homens e também os outros animais podem entrar em Atividade.

Na busca por suprir suas necessidades (não apenas as biológicas) o homem imprime transformações na natureza – esquema apresentado na figura 2 a seguir. Vale ressaltar que nem sempre estas necessidades são de fato supridas, mas mesmo assim, essas transformações são realizadas em um movimento mútuo entre homem e meio, o que constitui fator determinante na construção de si próprio enquanto homem.

Figura 2: Esquema produzido a partir de MOURA (2010) e LEONTIEV (1978) sobre a constituição do homem enquanto humano a partir de suas necessidades.

Salienta-se que haverá diferenças entre os homens e os outros animais. Como dito anteriormente, o homem imprime transformações na natureza, e os outros animais também o fazem, todavia as transformações humanas são realizadas de modo **intencional e consciente** (DUARTE, 2004).

E no caso das Atividades humanas, o que diferencia uma Atividade da outra?

Podemos diferenciá-las por suas características: suas formas, os caminhos pelos quais pode ser realizada, tensão emocional, características espaciais ou temporais, mecanismos fisiológicos, etc. Mas sem dúvida, o mais importante que difere uma atividade de outra é o OBJETO da atividade (LEONTIEV, 1978, p. 82).

A Atividade tem como característica o **motivo** pelo qual o sujeito se dispõe a agir a partir de uma **necessidade**:

A primeira condição de toda a atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação concreta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra a sua determinação: deve por assim dizer encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se “objetiva” nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula (LEONTIEV, 1983, p. 115).

O **objeto** e o motivo da Atividade não são idênticos, mas os mesmos devem guardar relações entre si, para que de fato o indivíduo possa estar em Atividade. As **ações** realizadoras da atividade são estimuladas pelo seu motivo. Leontiev (1978, p. 84) apresenta um exemplo para ilustrar essa questão: um homem tem a necessidade de se alimentar e precisa realizar tal Atividade: aí está o seu motivo (ir em busca de alimento). *“Mas para satisfazer sua necessidade de alimentar-se ele deve realizar ações, as quais não estão encaminhadas diretamente para obter tais alimentos”* (Leontiev, 1978). As ações são os processos que se realizam para atingir determinado resultado (objetivo consciente). As formas pelas quais as ações são realizadas Leontiev (1978) denomina como **operações**. Toda operação é resultado de uma transformação da ação. Para ilustrar a relação entre ações e operações pode-se pensar na Atividade de dirigir um automóvel: torna-se uma operação após a sequência das ações (dar partida no carro, soltar o freio de mão e engatar a primeira marcha etc.) automatizarem-se. Externamente o fenômeno é tido como automático, mas internamente (no plano psíquico) já se tornou instrumento do pensar, ou seja, uma operação.

Leontiev (1983) ressalta que a Atividade é entendida como um **sistema** e sendo assim, é mister que os elementos que a compõem (necessidade, objetivo, motivo, ações e operações) estejam em consonância para o perfeito funcionamento desse sistema como um todo. Além disso, sendo um sistema, esses elementos funcionam em conjunto, são interdependentes e se inter-relacionam. Há, então, certa mobilidade quando se assume a estrutura da Atividade enquanto um **movimento** dialético. E, portanto, não se aplica fragmentar a estrutura da mesma para estabelecer classificações estanques de suas entidades. A figura a seguir busca retratar esta ideia de sistema e movimento relacionada aos elementos constituintes da Atividade – para perceber o efeito de movimento da figura aproxime-se e afaste-se da imagem tomando como ponto fixo a palavra “motivo” no centro da mesma.

Figura 3: Esquema representativo da estrutura da Atividade a partir da Teoria Geral da Atividade de Leontiev (1983). Para perceber o efeito de movimento da figura aproxime-se e afaste-se da imagem tomando como ponto fixo a palavra “motivo” no centro da mesma.

Dessa forma, Leontiev esclarece como ocorre o desenvolvimento psíquico do homem.

Vigotski também compartilha da ideia do homem enquanto um ser sócio-histórico e adiante serão abordadas algumas considerações acerca das concepções vigotskianas no que se refere ao desenvolvimento humano e suas relações com a aprendizagem.

2.3 O desenvolvimento humano e a aprendizagem à luz de Vigotski

Vigotski concebe o homem enquanto um ser social formado dentro de um meio cultural historicamente definido. Realizou trabalhos com Leontiev e outros estudiosos de sua época, nos quais buscavam elucidar a psique humana.

Ancorando-se no método materialista histórico-dialético, Vigotski busca propor explicações para a formação da mente humana. Nas relações de trabalho, há um constante movimento de ir e vir entre o sujeito e o produto de sua atividade, onde ambos são transformados reciprocamente. Partindo desse pressuposto, Vigotski fundamenta o processo de construção da psique humana, entendendo que postas as interações dialéticas entre sujeito e objeto, ambos serão modificados e a transformação do sujeito ocorrerá no que corresponde às funções psicológicas superiores também.

Estas interações entre sujeito e objeto serão possibilitadas através das relações do sujeito com outros indivíduos utilizando para tanto a linguagem. Assim, pensamento e linguagem são interdependentes e se constituem mutuamente para Vigotski. É através da linguagem que os sujeitos poderão apropriar-se¹ dos conceitos incorporados nos objetos. Cabe neste momento definir o que se entende por **conceito** na abordagem vigotskiana:

(...) Ao longo de toda nossa investigação, do ponto de vista psicológico o significado da palavra não é senão uma generalização ou conceito. Generalização e significado da palavra são sinônimos. Toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível de pensamento. Consequentemente estamos autorizados a considerar o significado da palavra como um fenômeno do pensamento (VIGOTSKI, 2009, p. 398).

De acordo com a citação apresentada, observa-se que o conceito é representado pela palavra e esta conserva em si a generalização que promoverá o desenvolvimento do pensamento. Assim, o conceito imbuído na palavra configura-se como um instrumento do pensar e é por meio deste signo, a palavra, que as interações entre homem e mundo no movimento de incorporação das aquisições humanas ocorrerão. Portanto, o signo é um produto das relações sociais e possui a função de gerador e organizador dos processos psicológicos. Acaba por promover transformações internas no sujeito que fazem com que o homem biológico constitua-se enquanto um ser sócio-histórico (NEVES e DAMIANI, 2006). Baseando-se em Vigotski, Schroeder et al (2009) argumenta:

¹ O termo *apropriação* é característico da abordagem marxista. Para designar tal processo Vigotski introduz o termo *internalização* (SMOLKA, 2000), o qual será discutido adiante neste trabalho.

(...) O conceito não pode ser percebido como uma estrutura isolada e imutável, mas sim como uma estrutura viva e complexa do pensamento, cuja função é a de comunicar, assimilar, entender ou resolver problemas. (...) Para um conceito sua relação com a realidade é essencial. Surge no processo de operação intelectual, com a participação e combinação de todas as funções elementares, culminando com a utilização da palavra, que orienta arbitrariamente a atenção, a abstração, a discriminação de atributos particulares, da sua síntese e simbolização (SCHROEDER et al, 2009, p. 09).

O processo de formação de conceitos é um *“processo interior por natureza e exterior por manifestação”* (VIGOTSKI, 2009, p. 427). No contexto desta pesquisa, podemos inferir acerca do processo de construção do conhecimento dos estudantes na disciplina de QAQ utilizando para tanto a linguagem, a palavra, como instrumento de análise visto que apesar de a linguagem, por sua estrutura, não ser um simples reflexo especular do pensamento, o pensamento se materializa na palavra, *“o pensamento não se exprime na palavra, mas nela se realiza”* (VIGOTSKI, 2009, p. 409).

Interessante salientar que em uma gama de investigações se concebe o pensamento e a linguagem como elementos autônomos, fazendo parte de compartimentos segregados (VIGOTSKI, 2009). Todavia, para Vigotski o problema central destas investigações encontrava-se no próprio método de análise que utilizavam. Partiam da decomposição da totalidade em seus elementos constituintes. Para ilustrar a incoerência dessas correntes de estudiosos, Vigotski lança mão de um exemplo: assemelhar-se-iam a pesquisadores que ao tentar explicar o porquê de a água apagar o fogo, a decomporia em seus elementos constituintes – hidrogênio e oxigênio; e seriam surpreendidos ao notarem que o (gás) oxigênio mantém a combustão e o (gás) hidrogênio é inflamável, ou seja, favorecem o processo de combustão. Para Vigotski o pensamento e a palavra guardam entre si uma unidade dialética, a qual não pode ser compartimentada: *“a relação entre a palavra e o pensamento é, antes de tudo, não uma coisa, mas um processo, um movimento do pensamento à palavra e da palavra ao pensamento”* (VIGOTSKI, 2009, p. 409); sendo essa unidade dada pelo próprio significado da palavra:

O significado da palavra é, ao mesmo tempo, um fenômeno de discurso e intelectual (...). O significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento está relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa: é um fenômeno de discurso apenas na medida em que o discurso está vinculado ao pensamento e focalizado por sua luz. É um fenômeno do pensamento discursivo ou da palavra consciente, é a **unidade** da palavra com o pensamento (VIGOTSKI, 2009, p. 398).

A perspectiva de Vigotski implica em mais um avanço ao assumir que os significados das palavras, os conceitos, **se desenvolvem**, se transformam e se modificam ao longo do processo de desenvolvimento do indivíduo. Vigotski estabelece, baseado nos trabalhos de Paulham, a diferença entre significado e **sentido** da palavra.

O sentido de uma palavra é a soma de todos os fatos psicológicos que ela desperta em nossa consciência. Assim, o sentido é sempre uma formação dinâmica, fluida, complexa, que tem várias zonas de estabilidade variada. (...) Como se sabe, em contextos diferentes a palavra muda facilmente de sentido. (...) O sentido real de cada palavra é determinado, no fim das contas, por toda a riqueza dos momentos existentes na consciência e relacionados àquilo que está expresso por uma determinada palavra (VIGOTSKI, 2009, p. 465 e 466).

Vigotski abordando um exemplo clássico extraído dos diários de Dostoiévski acerca da ‘linguagem dos bêbados’ afirma ser possível exprimir inúmeros pensamentos e reflexões a partir de uma única palavra. Sendo possível aproximar-se desses pensamentos e reflexões a partir do conjunto de características inerentes à linguagem falada, como os olhares, os gestos, e principalmente o aspecto entonacional, os quais podem exprimir dúvidas, certezas, surpresas, indignação, discordância etc entre os sujeitos participantes de uma conversa. **O diálogo aliado a essas características citadas, portanto, configura-se como uma importante ferramenta para compreensão da essência do sentido atribuído às palavras pelos indivíduos.** Assim, nesta pesquisa, os diálogos dos estudantes serão nossa fonte de dados, pois poderão nos fornecer indícios do processo de construção do conhecimento.

Para Vigotski pode-se classificar os conceitos em dois tipos: os conceitos espontâneos (ou cotidianos) e os conceitos científicos. Estes conceitos possuem gêneses

diferenciadas, mas há relações entre si. Os conceitos espontâneos emergem do contexto cotidiano do sujeito, a partir de sua relação com o mundo físico. Já os conceitos científicos são geralmente enunciados no contexto de ensino. Pressupõem-se portanto, que os conceitos espontâneos são generalizados após sua utilização pelos sujeitos e os conceitos científicos já partem de certo grau de generalização. Implica-se então em um movimento ascendente da realidade concreta às abstrações no caso dos conceitos espontâneos e um movimento inverso no caso dos conceitos científicos (ROSA, 2012). A figura a seguir elaborada esquematiza este movimento.

Figura 4: Movimento dos conceitos científicos e espontâneos em Vigotski.

Schroeder et al (2009) ressalta que de acordo com Vigotski os conceitos científicos não são postos aos sujeitos de forma hermética e pronta. *“O conceito cotidiano e o científico, embora se desenvolvam em trajetórias inversas, estão íntima e complexamente conectados. Em seu lento caminho ascendente, um conceito cotidiano abre caminho para o conceito científico no seu desenvolvimento descendente”* (SCHROEDER et al, 2009).

No que se refere ao domínio conceitual SFORNI (2004), baseada em Vigotski, acrescenta que *“(...) vai além da compreensão do significado presente na palavra, e impõe como condição para a sua apropriação a atividade psíquica que internaliza a atividade material externa determinante do conceito”* (SFORNI, 2004, p. 85). Sendo assim, é preciso que ocorra um processo de internalização dos conceitos. A

internalização é concebida por Vigotski (2007) como sendo a “*reconstrução interna de uma operação externa*” (VIGOTSKI, 2007, p. 56). É um processo que ocorre da esfera intersíquica para a intrapsíquica, ou seja, do plano social para o plano individual do sujeito. Vale ressaltar que não se configura como uma simples cópia do plano real para o plano abstrato, mas sim uma (re)leitura dos significados que as palavras, utilizadas pelos outros indivíduos, possuem para o próprio sujeito (SCHROEDER et al, 2009).

Percebe-se que os signos (as palavras) desempenham papel crucial no desenvolvimento do pensamento, ou ainda, que “*o desenvolvimento psíquico dá-se a partir de atividades mediadas culturalmente*” (ARAÚJO, 2009, p. 06). Vigotski atribui aos signos a função de **mediadores** do processo de internalização das aquisições humanas, defendendo a ideia de que “*pela significação (cultural), é o homem quem forma, no processo de vida social, as conexões no cérebro e, assim, governa o seu próprio corpo (individual)*” (ARAÚJO, 2009, p. 06). O fenômeno da mediação na perspectiva vigotskiana é dado na esfera da significação: como a experiência social da humanidade está arraigada no significado da palavra, ela se configura como possibilidade de tornar a experiência social a experiência do sujeito. A esse respeito ARAÚJO (2009) conclui:

(...) O conceito de mediação passa necessariamente, pela compreensão do uso e função dos signos e instrumentos na formação das funções psicológicas superiores. É por essa razão que se afirma, em termos de desenvolvimento psíquico, que a significação torna possível ao sujeito ao apropriar-se da experiência social da humanidade (objetivada na língua, nos sistemas de numeração, nas obras de arte e em toda sorte de produção cultural), desenvolver-se (ARAÚJO, 2009, p. 06).

A mediação realizada pelo uso dos signos nos processos psicológicos é similar àquela realizada pelos objetos produzidos nas relações de trabalho. Salienta-se que os signos são direcionados “para dentro”, e os objetos produzidos “para fora” (VIGOTSKI, 2007). Existem outras similaridades entre a perspectiva vigotskiana (campo psicológico) e a teoria marxista (realidade concreta), uma vez que o fundamento da primeira encontra-se nesta última. Por exemplo, a atividade humana na teoria marxista configura-se como o trabalho (concreto), já na perspectiva vigotskiana a atividade é mental, da psique humana (abstrata). Os termos guardam relações entre si em ambas as

concepções, não obstante, não se deve admitir que possuam fielmente o mesmo funcionamento (VIGOTSKI, 2007) e ressalta-se que entendemos a natureza dinâmica e dialética das relações existentes entre os conceitos que as compõem.

No que diz respeito ao desenvolvimento humano e a aprendizagem, tecer relações entre os mesmos foi um dos objetivos de Vigotski e nesse quesito pode-se dizer que era um homem a frente de seu tempo. Das três concepções epistemológicas² vigentes em sua época, Vigotski enquadrar-se-ia em uma quarta concepção, na qual considera a aprendizagem como um processo interno, ativo e interpessoal (NEVES e DAMIANI, 2006). O autor postula que desenvolvimento e aprendizagem são processos diretamente relacionados, onde são construídos mutuamente. E julga essas concepções equivocadas por conta da metodologia de análise utilizada pelos adeptos das mesmas, tendo em vista que não consideram a aprendizagem e o desenvolvimento como processos inteiramente relacionados e dependentes, e segregam-nos para analisá-los. Conforme já comentado neste trabalho, para Vigotski existe um movimento dialético que rege as relações entre aprendizagem, desenvolvimento e linguagem; portanto não podem ser considerados de modo estanque.

Para Vigotski, a aprendizagem promove o desenvolvimento intelectual, pois esta coloca em movimento vários processos evolutivos que são fundamentais para o desenvolvimento das funções psíquicas superiores e parte do pressuposto que o sujeito deve adentrar na vida intelectual dos outros indivíduos que estão ao seu redor.

(...) Aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas (VIGOTSKI, 2007, p. 101).

O movimento do desenvolvimento do pensamento, nesta perspectiva, é no sentido do social para o individual:

² As três concepções epistemológicas da época eram empirismo, inatismo e interacionismo (NEVES e DAMIANI, 2006).

Assim, Vygotsky ao discutir sobre a interação entre aprendizado (dimensão interpessoal) e desenvolvimento (dimensão intrapessoal) defendeu que a aprendizagem desencadeia os processos internos de desenvolvimento, o que nos remete para uma determinada compreensão sobre unidade entre aprendizagem e desenvolvimento. Ao defender que a aprendizagem desencadeia os processos internos de desenvolvimento, ele atribui um papel preponderante do conhecimento e do papel dos seres humanos nessa produção (ARAÚJO, 2009, p. 09).

Para que se compreenda o processo de aprendizagem em Vygotski é preciso fazê-lo a partir do conceito de **Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)**, o qual corresponde ao espaço entre dois níveis de desenvolvimento: o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O primeiro é tido como aquelas funções psíquicas já dominadas pelo indivíduo, são os ciclos de desenvolvimento já completados, ou seja, há certo conhecimento adquirido. O nível de desenvolvimento potencial refere-se àquelas funções que o indivíduo tem potencial para desenvolver (ARAÚJO, 2009). A figura abaixo esquematiza a ZDP.

Figura 5: Figura “Movimento de aprendizagem e desenvolvimento orientado em Vygotski” extraída de ARAÚJO (2009).

A aprendizagem e o desenvolvimento mental compreendidos a partir da ZDP suscita a ideia de mediação novamente, uma vez que o outro poderá atuar nesta região tornando possível desenvolver os processos ainda não aprendidos pelo indivíduo. Dessa forma, se explica a unidade entre desenvolvimento e aprendizagem em Vygotski. E neste

contexto, observa-se que a qualidade da mediação possui relação direta com a qualidade da aprendizagem (ARAÚJO, 2009).

As concepções e teorias de Vigotski e de Leontiev expostas nestas duas últimas seções relacionadas ao desenvolvimento mental e sua relação com a aprendizagem, remete-nos a reflexões acerca do papel do ensino enquanto promotor do desenvolvimento do psiquismo humano, e reflexões acerca das implicações pedagógicas dessas teorias. Esses aspectos serão tratados na seção seguinte.

2.4 Implicações pedagógicas das teorias de Leontiev e de Vigotski

Do pensamento de Leontiev e de Vigotski acerca do processo de desenvolvimento psíquico humano emergem algumas implicações pedagógicas.

O processo educacional configura-se como um processo de intervenções que são intencionais e planejadas para o desenvolvimento do indivíduo. A aquisição dos conceitos científicos é possibilitada no ambiente escolar e sua (re)construção sistematizada é dada por meio destas intervenções. Torna-se evidente a função social do ambiente escolar, uma vez que cabe a este propiciar as múltiplas relações entre os indivíduos que o compõem: estudante-estudante e professor-estudante, para que as intervenções possam ser realizadas (no caso, pelo professor) e para promover o processo (natural) sócio-histórico da constituição humana por meio das relações com outros indivíduos.

O ambiente escolar é o local formal no qual os estudantes tomam contato com os conceitos científicos e podem aprendê-los. Eles trazem consigo os conceitos espontâneos que foram adquiridos ao longo de sua vivência cotidiana, a partir de seu respectivo contexto cultural. Estes conceitos espontâneos farão parte do processo de construção dos conceitos científicos em um movimento dialético rumo às generalizações, ao pensamento estruturante dos fenômenos. Desta maneira, os conceitos espontâneos podem ser transformados, possibilitando assim que sejam atingidos níveis de compreensão mais elevados, ou seja, contribuindo para o desenvolvimento psíquico

dos estudantes. “*A aprendizagem escolar é um fator decisivo para o desenvolvimento intelectual dos estudantes*” (SCHROEDER et al, 2009, p. 11).

Os conceitos científicos para serem internalizados necessitam de uma ação mediada, faz-se assim imprescindível o papel do professor enquanto mediador deste processo. Para que a internalização possa ser efetivada, o professor deve buscar atuar na ZDP dos estudantes, tornando possível desenvolver os processos/conceitos ainda não aprendidos pelo indivíduo. É importante que o professor, bem como as atividades pedagógicas que propõe aos estudantes, possa promover a **construção** desses conceitos. Este processo não é imediato, mas é dado paulatinamente durante o processo de ensino e aprendizagem. Assim como no próprio processo de constituição do ser enquanto homem os indivíduos lançam mão da linguagem, na apreensão do conhecimento científico observa-se o mesmo. Cabe aqui ressaltar que as ciências, em específico a Química, possui uma linguagem peculiar a qual lhe confere suas especificidades. O domínio da linguagem (química, no caso) é inerente ao processo de apreensão dos conceitos científicos (no caso, dos conceitos químicos). O professor necessita atuar na ZDP permitindo que os estudantes construam os conceitos, levando-os a fazer uso da linguagem científica, até mesmo porque esta se configura como materialização do pensamento, fornecendo indicativos da compreensão por parte do estudante acerca do conceito em questão. A postura a ser adotada pelo professor enquanto mediador do processo de ensino e aprendizagem, atuando na ZDP dos estudantes, é condição indispensável para possibilitar uma aprendizagem significativa de modo a impulsionar o desenvolvimento psíquico dos indivíduos participantes do processo educativo. A postura do professor inclui as metodologias de trabalho, a organização das atividades, a adequação dos materiais didáticos utilizados e os instrumentos avaliativos.

Como comentado na introdução deste trabalho com relação à formação profissional e humanística dos futuros químicos, é esperado que estes possam atuar como sujeitos pensantes, críticos e ativos, e que munidos do conhecimento científico possam ir além, utilizá-lo para intervir conscientemente na realidade que os cercam, enquanto profissionais. Além disso, que possam compreender o seu desenvolvimento pessoal (psíquico) enquanto ser humano, o qual é possibilitado pelo processo de apropriação de conhecimentos.

A experiência da orientadora desta pesquisa, como professora responsável pela disciplina de QAQ há anos, tem mostrado que o ensino de QAQ pela mera transmissão de informações aliado à atitude passiva dos estudantes é infrutífero. Possivelmente este método de ensino contribua para que exista a pré-concepção por parte dos alunos que a única forma de obter êxito na disciplina é por meio da memorização do conteúdo abordado na mesma.

Tendo em vista estas considerações, como então adequar o processo de ensino e aprendizagem? Como propiciar a aprendizagem dos conceitos científicos? Como propiciar a aprendizagem dos conceitos científicos de acordo com as teorias de Leontiev e de Vigotski? Como organizar o currículo e a prática pedagógica de modo a promover o desenvolvimento psíquico dos estudantes? Como fazê-lo no contexto da disciplina de QAQ de modo a contribuir para o desenvolvimento psíquico dos estudantes e para a formação profissional e ampla esperada para um químico?

Uma das mais importantes implicações pedagógicas das teorias de Leontiev e de Vigotski é justamente compreender a educação como desencadeadora do desenvolvimento psíquico humano. O ensino apenas configura-se como tal para ambos os autores caso promova o desenvolvimento psíquico (ARAÚJO, 2009). Entendem que o indivíduo não memoriza ou assimila os conceitos científicos. Em contrapartida, os constroem a partir da Atividade de seu próprio pensamento, por meio de nexos estabelecidos entre os conceitos já aprendidos (VIGOTSKI, 2007). Estes conceitos caminharão rumo a um conhecimento de qualidade nova através da mediação do professor atuando na ZDP dos estudantes, possibilitando assim a reestruturação das funções psicológicas superiores dos estudantes. E a linguagem assume um papel crucial neste processo.

O conceito de Atividade (Leontiev, 1983) e a perspectiva histórico-cultural no que concerne à apropriação da cultura humana historicamente elaborada podem fundamentar o trabalho do professor no que se refere à organização do ensino. Como uma possibilidade de organizar o processo de ensino e aprendizagem fundamentando-se nas teorias de Leontiev e de Vigotski, Moura (2010) propõe a denominada Atividade Orientadora de Ensino (AOE). A AOE busca propiciar a aprendizagem significativa dos conceitos científicos de maneira a promover o desenvolvimento psíquico dos

estudantes, bem como o do professor, uma vez que assume a existência da unidade dialética presente no processo de ensino e de aprendizagem. O item a seguir explicita a organização da AOE proposta por Moura (2010).

2.5 A Atividade Orientadora de Ensino

Segundo Leontiev, o desenvolvimento psíquico dos sujeitos se dá conforme o lugar que eles ocupam nas relações sociais, e se modifica à medida que mudam sua Atividade principal. Ao longo das fases da vida, as principais Atividades do homem são o jogo, o estudo e o trabalho (VIGOTSKI, LÚRIA e LEONTIEV, 2001). Tendo a Atividade de ensino o objetivo de propiciar que os indivíduos se apropriem de conhecimentos historicamente produzidos, ela é **intencional** e é neste sentido que Moura (2010) propõe a Atividade Orientadora de Ensino (AOE).

A AOE representa um elo entre o ensino do professor e a aprendizagem do aluno. Na AOE, tanto o professor quanto o aluno são sujeitos em Atividade, e nesta Atividade (no caso, a Atividade educativa) a finalidade é aproximar ambos os sujeitos de um determinado conhecimento, com relação à possibilidade de apropriação dos conhecimentos produzidos socialmente. Ambos, professor e aluno são detentores de conhecimento, valores, os quais estarão permeando as ações que possuem o objetivo de atingir um novo nível de conhecimento. Assim, ambos serão modificados no momento da realização da AOE, tanto professor quanto aluno, e neste sentido, portanto, ambos (professor e aluno) alcançarão um conhecimento de qualidade nova. A AOE possui, então, o caráter de **mediar** e **orientar** o processo de ensino e de aprendizagem (MOURA, 2010).

Em termos estruturais, a AOE assemelha-se à Atividade psíquica explorada por Leontiev, já comentada anteriormente neste trabalho. Portanto, tanto da perspectiva da Atividade de ensino quanto da Atividade de aprendizagem, seus elementos constituintes são necessidade, motivo, objeto, ações e operações; ressaltando que os mesmos constituem-se mutuamente em um constante movimento dialético. Em uma AOE o

estudante irá se deparar com a **necessidade** de construir um conceito acerca de algo (no caso, o conteúdo requerido pelo professor).

A AOE mantém a estrutura de atividade proposta por Leontiev, ao indicar uma necessidade (apropriação da cultura), um motivo real (apropriação do conhecimento historicamente acumulado), objetivos (ensinar e aprender) e propor ações que considerem as condições objetivas da instituição escolar (MOURA, 2010, p. 96).

Ensinar e aprender são as necessidades gerais do professor e do estudante, respectivamente, em uma AOE. A figura a seguir esquematiza a estrutura da Atividade Orientadora de Ensino.

Figura 6: AOE: Relação entre atividade de ensino e atividade de aprendizagem (proposta por Moraes (2008) extraída de MOURA, 2010, p. 98).

O objetivo da Atividade de ensino em uma AOE é transformar o psiquismo daquele que se encontra em Atividade de aprendizagem, ou seja, do estudante. Sendo assim, quando o estudante se apropria dos conhecimentos objetivados no currículo escolar, acaba por se tornar objeto na Atividade de ensino do professor. Salienta-se que *“no conceito de Atividade o objeto é aquilo que coincide com o motivo da Atividade e é objetivado no processo de trabalho, o estudante transformado é também produto do trabalho do professor”* (MOURA, 2010, p. 97).

Como dito anteriormente, a AOE tem a função de orientar e mediar o processo de ensino e aprendizagem e, portanto, as ações do professor precisam ser organizadas de modo a propiciar a aquisição dos conhecimentos e das experiências sociais da humanidade. É indubitável o quão vasta é a experiência da humanidade e seria impossível ensiná-la em sua plenitude a qualquer indivíduo. Dessa maneira, o mais importante *“(...) é ensinar ao estudante um modo de ação **generalizada** de acesso, utilização e criação do conhecimento, o que se torna possível ao se considerar a formação do pensamento teórico”* (MOURA, 2010, p. 98, grifo nosso).

Nesse sentido, parafraseando Moura (2010), é importante que a situação desencadeadora de aprendizagem, como denomina o autor, a ser desenvolvida com os estudantes contemple a gênese do conceito, ou seja, que revele o que levou a humanidade à criação daquele determinado conceito, quais foram os problemas e as necessidades que surgiram e como, no movimento lógico-histórico os homens foram elaborando as soluções para os mesmos. A esse tipo de apropriação de conceitos, por meio da reprodução das necessidades sócio-históricas que levaram a humanidade à construção do mesmo, o autor recorre ao termo **história virtual do conceito**:

(...) proporciona ao estudante envolver-se na solução de um problema como se fosse parte de um coletivo que busca solucioná-lo, tendo como fim a satisfação de uma determinada necessidade, à semelhança do que pode ter acontecido em certo momento histórico da humanidade. (...) o significado de virtual é encontrado ao se apresentar um problema na situação desencadeadora de aprendizagem que possua todas as condições essenciais do conceito vivenciado historicamente pela humanidade (MOURA, 2010, p. 105).

Nesta perspectiva, serão expostos no item a seguir alguns fatos históricos que impulsionaram o desenvolvimento do conhecimento na área de Química Analítica Qualitativa.

2.6 Primórdios da Química Analítica Qualitativa e o movimento sócio-histórico de construção de conhecimentos nesta área

Como dito anteriormente, a história virtual do conceito assume que é preciso que sejam reproduzidas as necessidades sócio-históricas que levaram a humanidade à elaboração dos conceitos e princípios científicos para que um indivíduo possa ter condições de se apropriar dos mesmos. A seguir serão pontuados alguns fatos históricos importantes para a análise química que contribuíram para impelir seu desenvolvimento ao longo do tempo e para a elaboração de conceitos químicos importantes nesta área.

Há registros de que o primeiro teste de análise química qualitativa tenha sido realizado por Plínio, o Idoso e data de cerca de 2000 anos atrás. O teste consistia na detecção de sulfato de ferro(II) em acetato de cobre(II) – composto este utilizado em pomadas para os olhos. A solução de interesse era tratada com um recorte de papiro umedecido com extrato de noz de galha. Esse extrato é retirado de uma planta, e do mesmo é obtida uma substância conhecida como tanino. O tanino é a substância responsável por reagir com o ferro presente na amostra de interesse originando uma coloração preta característica do composto formado com ferro, caso este esteja de fato presente na amostra (ALVIM e ANDRADE, 2009).

Os testes analíticos foram desenvolvidos também durante a Idade Média e se caracterizavam por testes físicos em sua maioria e eram aplicados principalmente aos metais. Nesta época descobriram um método simples de separação da prata do ouro, a partir do tratamento do metal com uma solução de ácido nítrico e ácido clorídrico (*aqua regia*). Com o passar do tempo, houve um despertar mais acentuado para a análise química em solução aquosa com fins medicinais. Devido à necessidade de se conhecer os processos que ocorrem no corpo humano e nos organismos vivos em geral, bem como obter informações quanto aos princípios medicinais envolvidos em águas

minerais fizeram com que várias reações analíticas fossem descobertas nessa época. No século XVII, as análises químicas qualitativas avançaram por conta da necessidade de detectar a presença (ou confirmar a ausência) de substâncias (em alguns casos, indesejadas) em diversas amostras como urina, medicamentos, bebidas etc. Muitos testes e reações de identificação se estabeleceram nesse momento da história. Pode-se citar, por exemplo, o teste para identificação de chumbo em vinho proposto por Eberhard Gockel, onde uma amostra de vinho era tratada com ácido sulfúrico. Caso este metal estivesse presente no vinho, a solução tornar-se-ia turva esbranquiçada (precipitação de PbSO_4). Foi no século XVIII que o desenvolvimento da análise química qualitativa transferiu-se da medicina para a mineração e metalurgia, por conta da intensificação da atividade mineradora nesta fase. Sigismund Andréas Marggraf (1709 - 1782), por exemplo, estudou as reações entre diversos metais com carbonato e hidróxido e também é atribuído a ele o primeiro teste analítico de chama: era necessário diferenciar os sais nitrato de sódio e nitrato de potássio; para tanto, levou ambos à chama e percebeu que apresentavam cores distintas. Além disso, foi responsável por adaptar a reação do “azul da Prússia” (hexacianoferratoII de potássio) para identificar a presença de ferro (III) em água (ALVIM e ANDRADE, 2009), cuja reação está descrita a seguir (VOGEL, 1981).

Assim, métodos sistemáticos de identificação e separação de metais em soluções aquosas fizeram-se necessários e foram desenvolvidos por diferentes estudiosos, sendo Torbern Olof Bergman (1735-1784) o responsável por propiciar o embasamento para a análise química sistemática (BECK II, 1994). Os métodos e reações foram descritos detalhadamente em algumas obras, sendo o mérito da primeira delas conferido a Heinrich Rose (1795 - 1864) e Carl Remigius Fresenius (1818-1897).

Observa-se no decorrer da história que as necessidades emergentes do contexto sócio-histórico movimentam a humanidade no sentido de produção de conhecimento. Neste caso, os conhecimentos ligados ao desenvolvimento da análise química qualitativa foram impulsionados pelas necessidades de solucionar questões referentes à identificação de substâncias em diversas amostras.

Esse movimento se intensifica, ainda no século XVIII, com o advento da Revolução Industrial quando muitas empresas observaram a necessidade que se colocava naquele momento de se fazer um melhor uso das matérias-primas e estabelecer uma linha de produção com um padrão de qualidade regular, tendo em vista que estes dois fatores influenciavam diretamente seus lucros. O desenvolvimento da análise química qualitativa é estimulado significativamente e esta adquire papel de destaque na economia mundial (SENISE, 1985). Salienta-se aqui que o movimento de produção do conhecimento é dialético. Neste caso citado, pode-se perceber que certa necessidade econômica mundial culminou no desenvolvimento da análise química qualitativa, e este por sua vez propiciou um avanço na economia em nível mundial.

Além disso, pode-se observar que os conhecimentos produzidos não são independentes entre si. Os conhecimentos ao serem produzidos, em um constante devir, impõem novos conhecimentos em esferas diversificadas influenciando todo o contexto no qual os indivíduos estão inseridos. No caso citado, o avanço da análise química qualitativa durante a Revolução Industrial suscitou mudanças no âmbito econômico (aumento dos lucros das empresas), no âmbito social (crescimento do profissionalismo em Química), no âmbito ambiental (implantação de ações concretas nas empresas para diminuição de poluentes provenientes dos processos industriais) e no âmbito legislativo (elaboração de novas leis referentes à emissão de teores aceitáveis de poluentes pelas indústrias).

(...) Greenaway cita este caso como significativo exemplo histórico do efeito de uma teoria científica na economia industrial. (...) consequência é concernente ao crescimento do profissionalismo em Química. A necessidade, por parte da sociedade, de analistas muito bem treinados levou ao crescimento de organizações de características e finalidades novas e, ao mesmo tempo, forçou os legisladores a voltar-se para novas formas de leis, visando objetivos até então não cogitados (SENISE, 1985, p. 55).

Reportando Moura e colaboradores (2011), conforme explanado em seções anteriores deste trabalho, os homens agem em busca de suprir suas necessidades à medida que se deparam com as circunstâncias diversas que surgem nos contextos nos quais se encontram inseridos. Ao supri-las, sua atividade física ou mental é

materializada no produto desta sua atividade. Assim, conhecimentos são objetivados naquele produto de sua atividade.

Conforme os indivíduos se deparavam com as necessidades de se entender o funcionamento dos organismos vivos, de separar e identificar metais no auge da mineração e metalurgia, de detectar a presença de substâncias (indesejáveis ou não) em diferentes amostras; diversos conhecimentos foram sendo produzidos e objetivados ao longo da história com relação à análise química. O primordial deles, o qual representa um progresso do desenvolvimento do pensamento humano no que tange à análise química qualitativa pode ser considerado como sendo **o estabelecimento do princípio geral da sistemática de separação envolvido na marcha analítica centrado no conceito de solubilidade**. Desse modo, quando se trata do processo de ensino e aprendizagem, a compreensão de tal princípio é fundamental para a apropriação pelo indivíduo da experiência social da humanidade no que se refere aos conhecimentos envolvidos em Química Analítica Qualitativa.

Algumas objetivações (fatores e conceitos) relacionadas a esse princípio fundamental também devem ser compreendidas pelo indivíduo como reagentes de grupo, fenômeno de interferência, controle das condições de reação, solução tampão. Até mesmo algumas habilidades e procedimentos laboratoriais necessitam ser compreendidos, visto que a Química Analítica Qualitativa configura-se como uma ciência de caráter experimental.

Portanto, almejando o processo de ensino e aprendizagem, é preciso tornar possível que os estudantes se apropriem dos conhecimentos e objetivações supracitados. Para tanto, retomando a história virtual do conceito (MOURA, 2010), pode-se partir da reprodução da necessidade sócio-histórica que levou à gênese do princípio de separação da marcha analítica e do conceito de solubilidade diretamente relacionado por meio de uma situação desencadeadora de aprendizagem no contexto de uma AOE.

Antes de expor a estrutura da AOE elaborada neste trabalho para estudo do processo de construção do conhecimento no contexto da disciplina de QAQ, far-se-á uma breve exposição do conteúdo em detalhes de QAQ relacionado à mesma.

2.7 Fundamentos químicos do conteúdo abordado na AOE estruturada nesta pesquisa

Em linhas gerais, a Química Analítica Qualitativa envolve a análise qualitativa de amostras. Sendo essas amostras uma mistura de cátions e ânions diversos, a disciplina de Química Analítica Qualitativa se preocupa, mormente, em isolar e identificar esses cátions e ânions para inferir acerca da composição como um todo da amostra. Para tanto, lança mão da separação sequencial de grupos e subgrupos de cátions, e depois de isolado o (possível) íon de interesse na amostra, reações específicas do mesmo são realizadas para identificar sua presença (ou confirmar sua ausência). Essas reações de identificação dos cátions são baseadas em propriedades específicas dos mesmos como formação de precipitados com determinados ânions, formação de complexos coloridos, desprendimento de gases.

Os cátions são divididos em cinco grupos analíticos. Cátions que guardam entre si propriedades semelhantes constituem um mesmo grupo. Para cada grupo está relacionado um *reagente de grupo*, o qual é definido como sendo aquele reagente que permite a formação de precipitado com todos os cátions daquele grupo analítico, possibilitando a separação deste grupo dos demais. Os cinco grupos analíticos de cátions e seus respectivos reagentes de grupo são apresentados no quadro a seguir. Será considerada a classificação adotada por Baccan et al (1991).

Grupo	Cátions constituintes	Reagente de grupo
I	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	Inexistente
II	$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$	CO_3^{2-}
III	$\text{Fe}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+},$ $\text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$	S^{2-} em meio alcalino
IV	$\text{Hg}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Bi(III)}, \text{Cu}^{2+},$ $\text{Cd}^{2+}, \text{As(III)}, \text{As(V)},$ $\text{Sb(III)}, \text{Sb(V)}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}$	S^{2-} em meio ácido
V	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	Cl^-

Figura 7: Quadro de classificação dos cátions em grupos analíticos, segundo Baccan et al (1997), e os respectivos reagentes de grupo.

A separação analítica sistemática dos grupos de cátions é denominada de *marcha analítica*. O fundamento teórico mais importante da marcha analítica está relacionado ao conceito de solubilidade envolvido na teoria de “equilíbrio químico em soluções aquosas”. O equilíbrio químico, além de tratar do equilíbrio de formação de sólidos, trata de reações ácido-base, oxidação e redução, de formação de complexos. Sabe-se que o equilíbrio químico de uma reação pode ser afetado segundo o Princípio de Le Chatelier, fazendo com que a reação seja favorecida (ou não) no sentido de formação dos produtos. Dessa forma, é de extrema importância que haja um *controle* efetivo *das condições* em que se processam as reações de separação e identificação dos cátions, por exemplo, o controle do pH por meio do sistema tampão formado.

A seguir é apresentado o esquema geral da marcha analítica envolvendo todos os cinco grupos de cátions.

Figura 8: Esquema de separação dos grupos de cátions na marcha analítica.

A separação dos grupos ao longo da marcha analítica é baseada na diferença de solubilidade dos compostos formados com certos reagentes (reagentes de grupo) pelos cátions constituintes de cada grupo, como dito anteriormente. Assim, como os cloretos menos solúveis são os de prata, mercúrio (I) e chumbo, estes são os primeiros a serem separados dos demais em forma de precipitados (cloreto de prata, cloreto de mercúrio e cloreto de chumbo) enquanto os outros íons permanecem solúveis em solução. Observa-

se então que inicialmente será separado somente o grupo V e o restante dos grupos (IV, III, II e I) ficarão em solução, conforme descrito no esquema apresentado na figura 8. Na sequência, são separados os cátions do grupo IV, uma vez que estes possuem a propriedade de formar compostos pouco solúveis com sulfeto quando em meio ácido. Interessante observar que o reagente de grupo do grupo III também é sulfeto, no entanto a diferença é o meio de reação.

Tabela 1: Valores de constante de produto de solubilidade em água a 25°C de alguns compostos. Tabela adaptada de <http://.ktf.split.hr/periodni/en/abc/kpt.html>.

Substância	K_{ps}
$Mg(OH)_2$	$5,61 \cdot 10^{-12}$
$Mn(OH)_2$	$2 \cdot 10^{-13}$
$Fe(OH)_3$	$2,79 \cdot 10^{-39}$
$Al(OH)_3$	$6,0 \cdot 10^{-34}$
$Cr(OH)_3$	$6,7 \cdot 10^{-31}$
MnS	$3 \cdot 10^{-11}$
NiS	$4 \cdot 10^{-20}$
CoS	$5 \cdot 10^{-22}$
ZnS	$2 \cdot 10^{-25}$
SnS_2	$< 10^{-60}$
Sb_2S_3	$5 \cdot 10^{-51}$
Bi_2S_3	$1,6 \cdot 10^{-72}$
CdS	$1 \cdot 10^{-27}$
CuS	$8 \cdot 10^{-37}$
HgS	$2 \cdot 10^{-53}$

A separação do grupo IV dos demais é baseada no controle do pH do meio reacional, pois este influenciará diretamente o equilíbrio de ionização do ácido sulfídrico (H_2S), neste caso considerado como sendo a fonte de íons sulfeto:

Analisando a equação química acima, pode-se inferir que quanto maior a acidez do meio ($\text{pH} < 7$), ou seja, quanto maior a concentração de íons H^+ , menor será a disponibilidade de íons S^{2-} no meio reacional de acordo com o Princípio de Le Chatelier. Quanto maior a alcalinidade do meio ($\text{pH} > 7$), ou seja, quanto menor a concentração de íons H^+ , maior será a disponibilidade de íons S^{2-} . Assim, por meio do controle do pH podemos manipular a concentração de íons S^{2-} em solução. Desta maneira, possibilita-se a precipitação seletiva dos cátions do grupo IV quando presente S^{2-} em meio ácido, uma vez que a disponibilidade destes íons S^{2-} em meio ácido será menor, pertimindo alcançar apenas os valores de Kps menores que correspondem aos sulfetos do grupo IV (tabela 1).

Após separação do grupo IV, pode-se separar o grupo III com S^{2-} em meio alcalino, pois a disponibilidade destes íons S^{2-} será maior, possibilitando a precipitação dos sulfetos do grupo III que possuem valores de Kps mais elevados (tabela 1). Vale ressaltar que os íons alumínio (III), ferro (III) e cromo (III) neste grupo são separados previamente (aos sulfetos) como hidróxidos em pH 9 com tampão $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ (tabela K).

A fonte de íons sulfeto para precipitação do grupo IV ou III pode ser tiocetamida – CH_3CSNH_2 ; sulfeto de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ou o próprio ácido sulfídrico. A precipitação que ocorre por meio da geração lenta do reagente de interesse no seio da solução é conhecida como *precipitação em meio homogêneo* e acontece para o caso da tiocetamida. Esta metodologia apresenta a vantagem de contaminar menos o meio ambiente e propiciar a formação de partículas maiores facilitando a separação. A tiocetamida, é utilizada nas aulas de QAQ no DQ/FFCLRP/USP, cujo equilíbrio em meio ácido e em meio básico está descrito a seguir, respectivamente.

Após precipitação e separação do grupo III, ainda resta separar o grupo II do grupo I. Para tanto, a sistemática utilizada é a precipitação do grupo II com carbonato, controlando o pH em 9 por meio de um tampão $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. Nesta condição precipita os cátions do grupo II exceto o íon magnésio.

Obtidos os precipitados de carbonato de cálcio, carbonato de bário e carbonato de estrôncio e realizada a separação, restam finalmente em solução os íons do grupo I e magnésio. O procedimento consiste em separar a alíquota da amostra restante em 3 tubos de ensaio e realizar as reações específicas de identificação para o sódio, para o potássio e para o magnésio em cada um deles separadamente. Destaca-se que os testes de identificação da presença de íons amônio em determinada amostra devem ser realizados preliminarmente ao início da marcha analítica. Este íon é adicionado ao longo do processo (formação das soluções-tampão), podendo levar assim a um resultado falso positivo se for executado no final do procedimento.

Para cada íon que compõem cada um dos cinco grupos há um teste específico de identificação, mas será explanado apenas o teste do ferro, uma vez que somente este era foco na AOE da água de JS.

O ferro(III) possui a propriedade de formar um complexo solúvel e estável de coloração vermelha intensa com tiocianato (SCN^-), conforme equação química a seguir.

O íon complexo $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ formado recebe o nome de hexatiocianoferratoIII. O referido teste apresenta alta especificidade para o íon ferro, ou seja, os efeitos de interferentes são mínimos, sendo preciso para a realização do mesmo apenas que existam íons ferro(III) livres em solução. Ao longo da marcha analítica o íon ferro(III) é separado junto aos demais cátions do grupo III ($\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Cr}(\text{OH})_3$) como hidróxido de ferro – $\text{Fe}(\text{OH})_3$, conforme comentado anteriormente. Desta forma, faz-se necessária a

dissolução prévia do hidróxido de ferro a partir da adição de ácido (reação a seguir), possibilitando assim a reação com tiocianato.

A partir do conteúdo químico acima exposto, uma Atividade Orientadora de Ensino foi estruturada neste trabalho com o objetivo de estudar o processo de construção do conhecimento na disciplina de QAQ e será descrita no capítulo a seguir, após apresentada as relações e implicações metodológicas da perspectiva histórico-cultural na pesquisa.

CAPÍTULO 3 A: METODOLOGIA

3.1 Fundamentos teórico-metodológicos: a perspectiva histórico-cultural e a pesquisa

Gadotti (2006, p. 23) afirma que *“somente o movimento é absoluto, pois é constante em todo processo”* e Vigotski (2007, p. 83), partindo do pressuposto do método materialista histórico-dialético, afirma que *“é somente em movimento que um corpo mostra o que é”*. Metodologicamente, isto implica que sejam criadas condições na pesquisa que permitam ao pesquisador investigar o processo de desenvolvimento do fenômeno/objeto estudado (RIGON et al, 2010).

Isto se faz necessário pelo fato de mesmas manifestações externas poderem admitir origens internas diferentes (VIGOSTSKI, 2007). RIGON et al (2010) explica tal perspectiva utilizando o seguinte exemplo de Leontiev (1978): uma mesa é colocada em uma sala espelhada, com um brinquedo no centro e vários obstáculos ao redor desta mesa, e uma vara é posta em um canto desta mesma sala. É pedido para uma criança que apanhe o brinquedo no centro da mesa. Após várias tentativas a criança não o faz. Uma segunda criança é inserida na sala para observar a situação e esta sugere à primeira que pule para alcançar o brinquedo. A primeira criança continua tentando, mas ainda em vão. A segunda criança então sugere outra alternativa à primeira: “pegue a vara”. E a primeira criança prontamente retruca: “mas assim fica fácil!” Esta experiência mostra a importância de se colocar em **movimento** o fenômeno a ser analisado ao longo da pesquisa para que se possa inferir acerca da gênese dos mesmos. Inicialmente, poder-se-ia dizer que a criança possuía algum tipo de “deficiência intelectual” que não a permitiu perceber a vara no canto da sala como um instrumento facilitador de sua tarefa. No entanto, a inserção da segunda criança na experiência permitiu perceber qual o real **sentido** atribuído à tarefa pela primeira criança, pois seu mérito estaria no **esforço** que realizaria para alcançar o brinquedo no centro da mesa.

Assim, optamos por trabalhar com a AOE como instrumento de coleta de dados desta pesquisa, pelo fato desta permitir colocar em um movimento relativamente

acessível o fenômeno a ser estudado: a construção do conhecimento em QAQ. Foram expostas no capítulo anterior a este algumas considerações acerca da AOE e sua estrutura, portanto, não o faremos novamente.

Segundo Moura (2010), a AOE configura-se como uma possibilidade de organização do ensino e também como um recurso metodológico de pesquisa:

No âmbito das diversas pesquisas ancoradas no conceito de AOE, desenvolvidas por pesquisadores que trabalham com essa perspectiva teórica para a organização do ensino, duas vertentes vêm se configurando: a utilização do conceito para a organização da atividade pedagógica e como instrumento metodológico de pesquisas sobre o ensino, ou seja, a AOE vem sendo explorada como fonte de pesquisa e como fundamento para o ensino (MOURA, 2010, p. 99 e 100).

A AOE possibilita aos estudantes argumentar uns com os outros, colocar seus pontos de vista, expor suas propostas para a resolução da situação desencadeadora de aprendizagem, construindo de maneira coletiva o caminho para se alcançar o objetivo da atividade.

Refletindo sobre a prática pedagógica, são poucos os trabalhos escolares que proporcionam aos estudantes a construção e a assimilação do conhecimento, que questionam, promovem a dúvida, instigam a procura por mais conhecimento, e os motivam no processo de aprendizagem (MOURA, 2010, p. 65 e 66).

Este autor comenta ainda que a *“necessidade de demonstrar e a habilidade de fundamentar o nosso próprio pensamento só surgem quando as nossas ideias se chocam com ideias alheias”*. Justifica-se mais uma vez a estruturação de uma AOE como uma atividade que propiciou a materialização (o movimento) dos diferentes pensamentos e ideias dos estudantes, uma vez que a atividade aconteceu por meio de discussões em grupos, utilizando para tanto a linguagem falada.

Na AOE, a solução da situação-problema pelos estudantes deve ser realizada na coletividade. Isso se dá quando aos indivíduos são proporcionadas situações que exigem o compartilhamento das ações para a resolução de uma determinada situação que surge em certo contexto. Garantir que a atividade de estudo dos educandos vai se dar prioritariamente dentro de um coletivo busca concretizar o princípio ou a lei de formação das funções psíquicas superiores, elaborada pela teoria histórico-cultural (...) (MOURA, 2010, p. 106).

Sabemos da importância do papel assumido pelo professor que estrutura, organiza e desenvolve uma AOE para que esta se configure de fato como Atividade:

Para que a aprendizagem se concretize para os estudantes e se constitua efetivamente como atividade, a atuação do professor é fundamental, ao mediar a relação dos estudantes com o objeto do conhecimento, orientando e organizando o ensino. As ações do professor na organização do ensino devem criar, no estudante a necessidade do conceito, fazendo coincidir os motivos da atividade com o objeto de estudo. O professor como aquele que concretiza objetivos sociais objetivados no currículo escolar, organiza o ensino: define ações, elege instrumentos e avalia o processo de ensino e aprendizagem (MOURA, 2010, p. 94).

Vale ressaltar a função que assumimos enquanto organizadoras da AOE desta pesquisa, sendo assim, buscamos despertar nos estudantes a necessidade dos conceitos de QAQ ao longo da mesma. A AOE estruturada e desenvolvida nesta pesquisa com intuito de estudar o processo de construção do conhecimento dos estudantes na disciplina de Química Analítica Qualitativa será descrita a seguir.

3.2 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água”

Tomando como pressuposto o que foi exposto até o presente momento nesta dissertação, como a formação almejada dos profissionais da Química, a organização de uma AOE e o movimento sócio-histórico de construção dos conceitos na área de Química Analítica Qualitativa, descrever-se-á a seguir a AOE intitulada “Investigando a qualidade da água” estruturada nesta pesquisa.

A AOE proposta por nós foi estruturada a partir da **necessidade** de resolver um problema relativo à qualidade da água de abastecimento de uma cidade fictícia. Roupas com manchas amareladas, pH abaixo da normalidade e entupimento dos canais de irrigação da praça central da cidade eram algumas das evidências desse problema.

O problema a ser investigado pelos sujeitos da pesquisa consistia na presença de íons ferro (Fe^{3+}) em excesso na água de abastecimento da cidade, proveniente do

material do qual as tubulações eram constituídas. O princípio básico envolvido é a reação de hidrólise sofrida pelo ferro desprendido das tubulações:

O composto sólido $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – hidróxido de ferro (III), formado na reação de hidrólise confere à água a coloração amarelada sendo, portanto, responsável pelas manchas de mesma tonalidade nas roupas dos moradores. O mesmo composto também é responsável pelo entupimento dos canais de irrigação da praça. A liberação de íons H^+ pela reação de hidrólise, conforme observado acima, provoca o abaixamento do pH da água (caráter ácido), uma vez que o pH é dado a partir da concentração de íons H^+ em solução.

Um vídeo curto foi produzido, o qual consistia na apresentação de um noticiário local da referida cidade, onde o entrevistador indagava os moradores acerca das problemáticas envolvendo a qualidade da água e estes retratavam suas observações, as quais constam organizadas no quadro a seguir com as respectivas justificativas químicas das mesmas.

Personagens do vídeo	Alterações observadas	Justificativas químicas
<i>Morador</i>	<i>roupas amareladas</i>	<i>coloração do $\text{Fe}(\text{OH})_3$</i>
<i>Zelador da praça central</i>	<i>entupimento dos canais de irrigação</i>	<i>estado de agregação do $\text{Fe}(\text{OH})_3$, ou seja, sólido</i>
<i>Químico da estação de tratamento</i>	<i>pH abaixo da normalidade</i>	<i>liberação de íons H^+ através da reação de hidrólise</i>

Figura 95: Quadro sobre as problemáticas relatadas pelos personagens do vídeo envolvendo a qualidade da água da cidade fictícia e as causas químicas das mesmas.

Desvendar qual o íon causador das alterações observadas na água da cidade era o objetivo da AOE proposta. O conteúdo químico envolvido está relacionado à temática **equilíbrio químico** em soluções aquosas. Desenvolver o princípio fundamental de separação dos íons na **marcha analítica** por meio do conceito central de **solubilidade** foi o foco dessa AOE.

Foi realizado um total de 5 encontros com duração de aproximadamente 1 hora cada um deles. Todos foram vídeo-gravados. Participaram da pesquisa estudantes matriculados no terceiro semestre do curso de Licenciatura em Química do DQ/FFCLRP/USP. O curso é oferecido no período noturno e cerca de 40 alunos estavam matriculados, sendo que 18 deles participaram da pesquisa voluntariamente, uma vez que o convite foi realizado em uma das primeiras aulas da disciplina apenas por meio da apresentação do projeto de pesquisa ressaltando-se a importância desta para a melhoria da qualidade do curso.

Quando na ocasião da aplicação da AOE, havia sido apresentado aos alunos na disciplina de QAQ apenas o conteúdo referente aos cátions do Grupo I (Na^+ , K^+ , NH_4^+). Os grupos II (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+}) e III (Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+}) seriam estudados posteriormente.

No primeiro encontro, houve a apresentação do vídeo. Os alunos deveriam reconhecer e pontuar o problema e levantar suas hipóteses a partir dos fenômenos relatados no vídeo e das características de diversos íons abordadas em um texto de apoio (anexo I) fornecido aos mesmos durante a AOE. Posteriormente, os alunos se dividiram em grupos e foi solicitado, que propusessem uma rota de análise experimental, mobilizando ações para a possível identificação do(s) íon(s). Nesse momento, também lhes foram fornecidas algumas informações para subsidiar a proposição da rota de análise: regras de solubilidade para compostos inorgânicos (anexo II), solubilidade em água dos cloretos de prata, mercúrio e chumbo (anexo III), tabela de constantes de produto de solubilidade para os sulfetos dos cátions dos grupos III e IV e alguns hidróxidos do grupo III (anexo IV), reação da tiocetamida em meio ácido e em meio básico juntamente com o equilíbrio aquoso do ácido sulfídrico (anexo V) e uma tabela geral de constantes de produto de solubilidade para diversos compostos (anexo VI).

No segundo encontro, os alunos foram ao laboratório didático para realizar os experimentos referentes às suas respectivas rotas propostas e tomar nota de suas observações, utilizando uma amostra de água simulando a água da cidade em questão. A amostra continha em torno de 3 mL de cada uma das seguintes soluções: FeCl_3 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; NaNO_3 ; KNO_3 ; todas a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$. A amostra foi preparada de modo a conter alguns dos íons de cada um dos grupos que são estudados

na disciplina de QAQ (exceto grupo V), no caso, grupo I (Na^+ e K^+), grupo II (Ca^{2+} e Mg^{2+}), grupo III (Fe^{3+}) e grupo IV (Cu^{2+}), sendo o Fe^{3+} o responsável pelas alterações da água da cidade. À amostra foi adicionado $\text{NaOH } 4\text{mol.L}^{-1}$ até formação de precipitado de Fe(OH)_3 para simular a coloração da água da cidade.

No terceiro encontro, houve uma discussão coletiva para a elaboração de uma rota geral construída a partir das contribuições de todos os grupos de acordo com as observações realizadas pelos mesmos no laboratório.

No quarto encontro, novamente os alunos foram ao laboratório para executar a rota geral proposta e realizar suas observações.

No quinto encontro, o vídeo foi apresentado novamente para retomar as evidências do problema relacionado à água da cidade, bem como as hipóteses previamente levantadas pelos alunos. Buscou-se instigar nos alunos relações entre o que puderam inferir sobre a água a partir dos experimentos executados e das rotas propostas com as alterações retratadas pelos moradores da cidade. Uma amostra de água real (coletada em um apartamento localizado no centro da cidade de Ribeirão Preto construído com tubulações de ferro) com as mesmas características da água simulada da cidade fictícia da AOE foi utilizada para fazer com que os estudantes relacionassem as características observadas nesta amostra real com aquelas apresentadas pela água da cidade. E a partir da conclusão neste encontro acerca da especificidade do teste do ferro pudessem propor como analisar rapidamente esta amostra de água. Os vídeos dos encontros da AOE “Investigando a qualidade da água” foram assistidos algumas vezes e foram buscados elementos relativos ao objetivo deste trabalho.

3.3 O método de pesquisa

A pesquisa baseou-se na pesquisa-ação (EL ANDALOUSSI, 2004) uma vez que esta é aquela que além de compreender, objetiva intervir na situação com vistas a modificá-la (SEVERINO, 2007). O mesmo autor comenta:

O conhecimento visado articula-se a uma finalidade intencional de alteração da situação pesquisada. Assim, ao mesmo tempo que realiza um diagnóstico e a análise de uma determinada situação, a pesquisa-ação propõe ao conjunto de sujeitos envolvidos mudanças que levem a um **aprimoramento das práticas analisadas** (SEVERINO, 2007, p. 120, grifo nosso).

Sobre a pesquisa-ação Tripp (2005) argumenta que “(...) *não fazemos isso porque apenas queremos conhecer (isso é “pesquisa pura”), indagamos por que alguma coisa é como é apenas para podermos saber melhor **como aprimorar a prática*** (TRIPP, 2005, p. 452, grifo nosso.)” Neste trabalho pesquisamos para conhecer o processo de construção do conhecimento no contexto da disciplina de Química Analítica Qualitativa com intuito futuro de aprimorarmos o próprio processo de ensino e aprendizagem na disciplina.

O procedimento de análise dos dados foi pautado no conceito de **isolado** proposto por Moura (2004). Segundo Caraça (2002), a realidade que nos cerca, a qual é o ponto de partida da construção do conhecimento, possui duas características básicas: a **fluência** e a **interdependência**. O princípio da fluência afirma que o mundo está em um constante devir, em processo contínuo de transformação. O princípio da interdependência diz que todas as coisas estão relacionadas entre si, que todos e todas as coisas participam da vida uns dos outros. A realidade que nos cerca, portanto, está em constante transformação e todas as coisas que a compõem se relacionam. Sendo assim, como pesquisar fenômenos dessa realidade?

(...) se tudo depende de tudo, como fixar a nossa atenção num objeto particular de estudo? Temos que estudar tudo ao mesmo tempo? Mas qual é o cérebro que o pode fazer? Por outro lado, se tudo devém, como encontrar no mundo movente da fluência, os fatos, os seres, os próprios objetos do nosso estudo? (CARAÇA, 2002. p. 105).

Baseando-se no conceito de **isolado** nos propõem a solução: “(...) *na impossibilidade de abraçar, num só golpe, a totalidade do universo, o observador recorta, destaca, dessa totalidade, um conjunto de seres e fatos (...)*” (CARAÇA, 2002, p. 105). É a este recorte da totalidade que Caraça denomina de isolado. Tecendo as

inter-relações destes isolados, um com o outro, construímos o que é denominado por Moura (2004) de **episódio**. Os resultados desta pesquisa serão apresentados no capítulo a seguir na forma de episódios.

CAPÍTULO 4 A: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados desta pesquisa que foram discutidos à luz da fundamentação teórica adotada na mesma.

4.1 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 1

4.1.1 Episódio 1: Reconhecendo o problema

Ao serem questionados acerca do problema retratado no vídeo, os estudantes fizeram referência à água da cidade. Atentaram-se aos 3 aspectos abordados no vídeo como evidências desse problema: entupimento dos tubos de irrigação da praça; pH da água abaixo da normalidade e coloração amarelada da água, coloração esta adquirida ao longo do percurso até a estação de tratamento, pois o químico da estação afirmou que a mesma apresentava-se incolor na própria fonte.

Induzidos pela última informação fornecida pelo químico da estação de tratamento, os estudantes indicaram como possíveis causas do problema da água alguma **alteração na canalização** ou algum problema na própria estação de tratamento. Neste momento, foi-lhes indicado que retomassem a fala do químico da estação quando o mesmo disse que ao chegar à estação a água já apresentava coloração diferenciada, o que os fizeram refutar a segunda hipótese. Segundo os estudantes, essa alteração na canalização poderia ter ocorrido devido ao transporte de alguma substância advinda do solo ao longo do percurso da água, ou por alguma substância proveniente das próprias tubulações.

Diante das problemáticas abordadas no vídeo e por meio da análise do texto contendo as características dos íons, os estudantes puderam levantar alguns possíveis cátions causadores das alterações na água da cidade. O quadro abaixo compila as relações estabelecidas pelos estudantes. Foi possível verificar que inicialmente os estudantes lançaram mão de associações mais diretas, pois relacionaram os fatos de

modo isolado. Acabaram por suspeitar de vários íons que não poderiam ser os responsáveis pelas alterações provocadas na água, no entanto, tomavam como base apenas uma dessas alterações e a relacionavam com alguma característica do íon em questão abordada no texto fornecido a eles (anexo I). E desta forma, surgiram todas as hipóteses de íons retratados no quadro abaixo. Em um dos grupos surgiu a hipótese do sódio, por exemplo, devido à associação feita entre a coloração do composto sólido formado pelo sódio quando adicionado a ele o reagente específico acetato de zinco e uranila, cuja reação resulta em um precipitado de coloração amarelada.

Íon	Associações de idéias feitas pelos estudantes	Relação com o problema da água da cidade de JS
Cálcio, Magnésio e Bário	<i>Formação de composto insolúvel</i>	<i>Entupimento dos canais de irrigação</i>
Manganês	<i>Formação de composto pouco solúvel e coloração do mesmo</i>	<i>Roupas manchadas</i>
Sódio	<i>Coloração apresentada pelo sólido formado por este íon na aula experimental de QAQ.</i>	<i>Roupas manchadas</i>
Ferro	<i>Formação de composto pouco solúvel, cuja reação envolve a liberação de H^+, alteração da coloração da água por conta da presença deste composto pouco solúvel formado.</i>	<i>Entupimento dos canais de irrigação, pH da água da cidade fictícia abaixo da normalidade, roupas manchadas.</i>

Amônio	<i>Coloração apresentada por complexo sólido formado por este íon na aula experimental de QAQ</i>	<i>Roupas manchadas</i>
---------------	---	-------------------------

Figura 10: Quadro de relações entre os possíveis cátions causadores do problema da AOE.

Questionamentos foram realizados com o intuito de instigá-los a refletir sobre íons que pudessem provocar as 3 alterações na água relatadas no vídeo simultaneamente. Ao longo das discussões, conseguiram excluir a maioria das hipóteses restando somente a possibilidade do **ferro e/ou do manganês**.

Com relação ao manganês associaram a formação de um composto pouco solúvel de manganês, no caso citaram o óxido de manganês, com o entupimento dos canais de irrigação. E também associaram a coloração deste composto com as manchas amareladas das roupas dos moradores. Estabeleceram estes nexos entre as informações a partir do exposto no texto (anexo I) fornecido a eles: “*Manganês na forma Mn^{2+} é solúvel, mas se não for removido da água pode formar óxidos de coloração marrom-amarelados que alterarão as propriedades organolépticas da água.*”

Com relação ao ferro, associaram também a formação de um composto pouco solúvel de ferro, com o entupimento dos canais de irrigação. Associaram a coloração amarelada apresentada por este composto quando precipitado em água com as manchas nas roupas dos moradores. E alguns estudantes apenas em cada um dos grupos conseguiram estabelecer a relação entre a diminuição do pH provocado pela liberação de íons H^+ quando formado $Fe(OH)_3$.

Destacamos assim a dificuldade dos estudantes em prever o pH quando uma reação de hidrólise ocorre. As discussões foram intensas nos grupos na tentativa de buscar explicações para a alteração do pH da água. Pela fala transcrita a seguir, observa-se que os estudantes compreenderam a reação de hidrólise, mas alguns com certas dificuldades que serão discutidas adiante.

(1) Aluna G: *Mas o sódio não deixa o pH ácido, o pH é ácido* (referindo-se à água de JS), *vai dar básico* (referindo-se ao pH da água na presença de sódio).

(2) Aluna S: *Mas se for pegar o pH nenhum aqui vai ser, nem o cálcio, nenhum... Se pensar em pH baixo...*

(3) Aluna C: *Nenhum...* (pensativa)

(4) Aluna G: *Risos* - Com expressão de “e agora?!”

(5) Aluna A: *Não, mas o ferro...* (interrompe sua fala para finalizar o raciocínio antes de prosseguir)

(6) Aluna G: *O ferro...?* (pensativa, mas não muito surpresa, apenas tentando analisar a fala da colega)

(7) Aluna A continua: *Porque o ferro faz com o ‘ó agá’ da água* (referindo-se ao íon hidroxila OH-) *Vai formar um precipitado, não é...!?*

(8) Aluna S: *Ferro com água...* (tentando imaginar o que poderia resultar)

(9) Aluna M e aluna S: *Hidróxido de ferro vai formar.*

(10) Aluna S complementa: *Mais ‘agá mais’* (referindo-se ao cátion H⁺)

(11) Aluna M: *Daí deixa ácido.*

(12) Aluna S: *Básico!* (discordando das colegas)

(13) Aluna L: *Ácido!!!* (convicta e com a voz imponente)

(14) Aluna M: *Vai deixar ácido, vai liberar ‘agá mais’.*

(15) Aluna S, ainda não convencida, justifica: *Básico! Vai formar hidróxido de ferro* (ênfatisando a palavra ‘hidróxido’).

(16) Aluna M: *Só que o hidróxido vai precipitar.*

(17) Aluna M e A em uníssono: *Aí vai sobrar ‘agá mais’.*

(18) Aluna S: *Ai... É verdade...* (falando pausadamente e em voz baixa, ainda desconfiada).

(19) Aluna A: *Aí entupiu o cano, deixou a água amarela, aí pronto! É o ferro!* (com a expressão contente e empolgada).

Todas ouvem o comentário da aluna A, riem juntas e concordam com ela.

A pesquisadora atuou como monitora da disciplina de QAQ quando na ocasião da coleta de dados, acompanhando os estudantes tanto nas aulas teóricas e

experimentais como em encontros semanais extras para discussões dos experimentos e dúvidas referentes à disciplina de modo geral, bem como na correção de relatórios produzidos pelos estudantes. Essa convivência e aproximação com grande parte dos estudantes da disciplina de QAQ, inclusive com aqueles participantes da referida pesquisa, acabou por contribuir com a pesquisa, pois alguns aspectos importantes puderam ser observados. Por exemplo, observou-se ao longo do semestre que a aluna S mostrou-se muito empenhada e dedicada nas atividades da disciplina, mas havia certa resistência de sua parte em aceitar seus próprios deslizes e suas próprias dificuldades. Quando percebido algum equívoco da aluna S e explicações lhe iam ser fornecidas, esta interrompia constantemente a fala da monitora ou da professora ou de um colega de classe na tentativa de obter êxito em sua resposta. De acordo com a perspectiva histórico-cultural, o processo de construção do conhecimento e por sua vez o processo de constituição humana se dá por meio das relações sociais e essa característica inquisitiva da aluna S foi positiva, ao passo que muito estimulou as discussões no grupo, fazendo-os argumentarem e contra-argumentarem para sustentar suas hipóteses.

Interessante notar a ênfase dada pela aluna S na palavra ‘hidróxido’ quando redarguiu à sua colega com relação ao pH (fala 15). Essa ênfase sugere que o sentido atribuído pela aluna S à palavra ‘hidróxido’ foi de justificativa ao pH básico previsto por ela. O nexos (VIGOTSKI, 2007) estabelecido pela aluna S entre as palavras ‘hidróxido’ e ‘básico’ indica uma relação de causa e consequência: se a substância é classificada como um hidróxido, logo o pH da solução será básico. Segundo a definição de Arrhenius, as substâncias possuirão caráter básico caso ocorra dissociação da mesma **em solução aquosa** com liberação de íons hidroxila (OH^-). É sabido que as substâncias que possuem em sua estrutura o íon OH^- são denominadas utilizando o termo ‘hidróxido’. Na investigação em questão o que se observa é uma reação de hidrólise do ferro, ou seja, quando o íon trivalente Fe^{3+} está presente em água, reagirá com os íons hidroxila formando hidróxido de ferro (III) – $\text{Fe}(\text{OH})_3$; liberando íons H^+ em solução, o que implica na diminuição do pH (caráter ácido), conforme discorrido no capítulo 3 desta dissertação. Apesar da formação do $\text{Fe}(\text{OH})_3$, este composto é muito pouco solúvel, de forma que o OH^- oriundo desta solubilização não é suficiente para tornar o pH básico.

Ao passo que o processo de apreensão do conhecimento é um “*fenômeno interior por natureza e exterior por manifestação*”, verifica-se neste episódio, em consonância com Vigotski (2009), os indícios que a linguagem nos propicia acerca do pensamento do indivíduo, uma vez que esta não se configura como um reflexo especular do pensamento, mas o pensamento se realiza/materializa na palavra. Assim, pode-se inferir ainda que exista um movimento do pensamento à palavra e da palavra ao pensamento, constituindo ambos (pensamento e palavra) uma unidade dialética. Nesta fala da aluna S fica explícita essa relação, indicando que essa relação é tida como um processo.

A confusão detectada no pensamento da aluna S observada a partir de sua fala é recorrente no contexto da disciplina de QAQ. A dificuldade dos estudantes encontra-se em perceber que o composto formado contém em sua estrutura os íons OH^- , mas estes não estarão livres em solução, pois o composto é sólido (precipitado). Os íons que estarão livres em solução serão os íons H^+ , sendo estes os responsáveis pela alteração do pH, determinando assim a acidez da solução. Fica evidente que para a aluna S, o conceito de pH ainda não lhe era claro. Por este episódio também podemos verificar que a aluna S revisou a sua forma de pensar a partir da fala de suas colegas, ou seja, há indícios que tenha desenvolvido o conceito de pH. Nesta perspectiva, concordamos com Vigotski (2009), quando este afirma ser na interação com o outro que se dá o processo de apreensão do conhecimento.

4.1.2 Episódio 2: A especificidade do teste do ferro como promotora da apreensão do princípio da marcha analítica e o desenvolvimento do conceito de solubilidade

Antes de os estudantes iniciarem a elaboração da rota foi discutido em conjunto com todos os grupos acerca da composição da água. Segundo os estudantes, possivelmente na água da referida cidade haveria ferro e/ou manganês (como responsáveis pelas alterações) e outros íons comuns de se encontrar nas águas, sendo citados: cálcio, potássio, sódio, cloreto, flúor, amônio, alumínio e magnésio. Foram

anotados na lousa os íons ferro, manganês, cálcio, potássio, sódio, amônio, alumínio e incluiu-se no final da discussão cobre e chumbo. Ressaltou-se que podiam ignorar a presença de ânions para a proposição da rota. Foi reforçado várias vezes que os estudantes partissem da premissa, portanto, da presença de vários íons na água além do ferro e/ou manganês que pretendiam identificar. Com isso, almejava-se instigar a necessidade de se apropriar do princípio de separação da **marcha analítica** por meio do desenvolvimento do **conceito de solubilidade**, uma vez que a presença de outros íons poderiam causar reações paralelas indesejadas e comprometer a identificação do íon de interesse. O princípio consiste na **separação** prévia dos grupos de íons por meio da diferença de solubilidade entre os compostos formados e a seguir, a **identificação** de cada um dos íons. Portanto, o conceito de **interferente** deve também surgir neste contexto. Um excerto de uma das discussões ocorridas no grupo 3 juntamente com a pesquisadora (identificada como P nas falas a seguir) sobre este aspecto está transcrita abaixo e será discutida na sequência.

(20) P: *Vocês acreditam então que as causas dos problemas na água de JS seja pela presença ou do ferro ou do manganês, certo? No entanto, nós discutimos e vocês me disseram que a água pode conter vários outros íons... Por exemplo, todos esses aqui (apontando para a lousa)... E possivelmente, muitos outros íons, não é? (estudantes fazem sinal de positivo) Pensando nisso, como vocês fariam pra determinar que de fato tem ferro naquela água e manganês, ou se tem um ou o outro (ênfatizando o termo 'ou')? Porque essas são as hipóteses de vocês, certo...?*

Estudantes com expressões pensativas.

(21) P: *Como vocês poderiam afirmar que existe ferro nessa água? Vocês já viram, ouviram falar sobre isso?*

(22) Aluno D: *Com 'tiocia...neto'.* (com dúvidas com relação ao nome do composto)

(23) Aluno F: *Com tiocianato.*

(24) Aluno R: *Com tiocianato.* (falando baixo)

(25) P: *Como...?*

Os estudantes repetem o nome do composto e o aluno que havia dito tiocianeto corrige para tiocianato.

(26) P: *Com tiocianato? Como vocês usariam o tiocianato?*

(27) Aluno D: *Aí ele (referindo-se ao ferro) fica vermelho.*

(28) Aluno F: *Sim.*

(29) P: *Todos concordam com o que ele falou?*

Vários estudantes dizem que sim.

(30) Aluno F: *A gente fez, né? Ano passado... Em Geral Experimental.*

(31) P: *Humm. E esse teste com tiocianato vocês disseram que dá então positivo pra ferro porque ele deixa vermelho, certo?*

Vários estudantes: *Sim... Isso...*

(32) P: *Mas ele dá positivo com alguma outra coisa? Com algum outro íon?*

Silêncio por alguns instantes.

(33) Aluno R: *Hummm... Não sei...*

(34) Aluno F: *Não sei também...*

(35) Aluna St: *Não faz pergunta difícil...(risos)*

(36) P: *Tá, então se vocês não sabem essa informação, ou seja, se o teste com tiocianato também dá positivo com algum outro íon, como vocês poderiam fazer?*

Estudantes pensando, outros conversando muito baixo entre si.

(37) P: *Se não tiver ferro na água, mas tiver algum outro íon nessa água que também reage da mesma maneira que o ferro com tiocianato... O teste vai dar positivo sendo que não tem ferro ali, certo?*

Estudantes: *É verdade! Aí já era! É mesmo!*

(38) P: *Alguém tem alguma idéia? Alguma possibilidade?*

(39) Aluna L: *Eliminar as outras impurezas...* (com a voz tímida, demonstrando alguma incerteza).

(40) P: *Eliminar as outras impurezas?*

(41) Aluna L: *É, teria que tirar...*

(42) P: *Que impurezas são essas?*

(43) Aluna L: *Os outros cátions que estão na água...*

(44) P: *Isso! Muito boa idéia! E agora pensando no manganês? Alguém conhece algum teste para o manganês?*

Estudantes em silêncio pensativos.

(45) Aluno R: *Formar óxido...?*

(46) P: *E se cair no mesmo problema do ferro? Vocês formarem um óxido de outro íon que estiver presente na água e vocês acharem que é o manganês?*

(47) Aluno R: *Então é a mesma coisa!*

Os outros estudantes também concordam com ele: *‘Tem que isolar’*.

(48) Aluno R: *Tem que separar...!*

(49)P: *E como a gente poderia fazer isso então?*

(50) Aluna M: *Usa a solubilidade... Eu pensei...* (aluno R, aluna St e aluno F também respondem utilizando o termo ‘solubilidade’).

(51) P: *Como assim pela solubilidade?*

(52) Aluna M: *Sei lá, mas a gente conhece... Tem uma previsão de quais cátions estejam na água. Aí a gente pega algum composto que já é bem específico pra cada um deles... Sei lá... Pouco solúvel... Talvez... Adiciona na água e vê a solubilidade, se precipitar ou não a gente vai saber...*

(53) P: *Uma idéia! Será que não tem uma maneira mais sistemática pra fazer isso que a aluna M falou? Uma forma mais prática? Por que imagine nós termos que adicionar um reagente pra caada íon... Dá trabalho, né?! Mas é uma idéia... Pensando no que a aluna M falou, como a gente poderia otimizar isso?*

(54) Aluna L: *Tentar fazer isso em grupos?*

(55) P: *Ótimo!!*

Segundo Moura (2010), conforme explanado no capítulo 2 desta dissertação, uma AOE deve reproduzir a necessidade a qual levou a humanidade a apropriar-se de determinado conceito a partir do qual ele designa como história virtual do conceito. Nesta parte extraída da AOE desenvolvida destaca-se esta preocupação de reproduzir o princípio da marcha analítica, ou seja, a necessidade de separação dos grupos de íons antes da identificação de cada um desses íons por um teste específico. No item 2.7 desta dissertação observa-se que a necessidade de identificação de substâncias (indesejadas ou

não) em determinadas amostras contribuiu significativamente para o movimento sócio-histórico de desenvolvimento da construção do conhecimento em QAQ e na AOE “Investigando a qualidade da água” esta necessidade foi resgatada através da necessidade de encontrar o possível íon causador das alterações da água da cidade.

As falas acima sugerem que se suscitou, por meio da indagação acerca da especificidade do teste do ferro com tiocianato, o pensamento dos estudantes para a necessidade de separação prévia dos íons à identificação do ferro. As palavras (expressões) como *‘eliminar’ as outras ‘impurezas’*, *‘teria que tirar’*; *‘tem que ‘isolar’* e finalmente *‘tem que separar’* (falas 39 a 48) foram sendo utilizadas pelos estudantes e indicam a associação feita com este princípio da **marcha analítica**. Apesar de utilizarem inicialmente os termos citados acima para se referir à separação, verifica-se que o sentido atribuído às palavras utilizadas ao longo das discussões aponta para o mesmo envolvido no conceito de separação previsto na **marcha analítica**. Percebe-se nas discussões posteriores ocorridas durante a proposição das rotas que os estudantes avançaram para a utilização da palavra **‘interferente’** para referirem-se ao que no início (diálogo acima) a aluna L denominou de ‘impurezas’ (fala 39), pelo fato de poderem atrapalhar os testes de identificação do ferro caso também ocorram reações paralelas de formação de compostos semelhantes (de coloração vermelha) com o tiocianato. Vigotski (2009) afirma que ocorrem transformações e mudanças ao longo do processo de ensino e aprendizagem no modo de pensar do sujeito. O indivíduo lança mão da linguagem, das palavras para designar os fenômenos e conceitos que estão sendo aprendidos e assim, o próprio indivíduo, como ser histórico, desenvolve-se. E a partir das falas acima, da utilização de termos diferentes ao longo do processo, verifica-se um possível indício da evolução e compreensão do fenômeno de ‘interferência’, bem como um indício da compreensão do princípio da **marcha analítica**, ambos instigados pela necessidade despertada.

4.1.3 Episódio 3: Estruturação das rotas de identificação dos íons Fe^{3+}

Todos os grupos embasaram suas discussões para a proposição da rota de análise no conceito de solubilidade, apesar de aplicados de maneira diferenciada no que concerne à temática **equilíbrio químico**.

Solicitou-se aos estudantes que após a discussão, registrassem em papel a rota final elaborada para também se ter conhecimento de modo sistematizado das ações que os mesmos mobilizariam para alcançar o objetivo previsto na AOE. Mesmo com a ressalva de que não necessariamente os íons anotados na lousa é que estavam presentes na água da cidade, os grupos partiram do pressuposto da presença de todos os íons listados na lousa para iniciarem a elaboração das rotas de análise.

O grupo 1 utilizou um princípio muito interessante para elaboração da rota. Partindo do pressuposto que o ferro estava livre em solução (ou seja, na forma iônica Fe^{3+}) decidiram utilizar um reagente que precipitasse o ferro já logo no início, no entanto, outros íons também precipitariam, mas estavam cientes disso. A partir desse precipitado obtido foram tentando separar os íons que não lhes interessavam de modo a deixar os íons de interesse (ferro e manganês) isolados na forma de precipitado até o final da análise. Utilizaram o princípio de que os mais solúveis ficariam na solução e os menos solúveis precipitariam. A todo o momento, recorreram à tabela com valores de constantes de produto de solubilidade (K_{ps}) a qual atribui um valor numérico ao grau de solubilidade de diversos compostos em água. Os menores valores indicam menor solubilidade (ou seja, a formação de precipitado é favorecida).

Basearam-se então na diferença de solubilidade dos grupos de compostos formados com os íons (e. g. classe dos sulfatos: os sulfatos de ferro, de chumbo, de manganês; classe dos hidróxidos: os hidróxidos de ferro, de alumínio e de manganês). Todavia, indicaram em suas falas ignorar a importância de tê-los previamente na forma livre (iônica) para propiciar a reação posterior de precipitação. Precipitavam determinado composto e adicionavam outro reagente logo em seguida assumindo uma nova precipitação. Seria preciso, primeiramente, solubilizar o precipitado formado de alguma maneira para então adicionar o reagente de interesse para formação do novo

precipitado. Quando afirmam (fala 65 e 66) “*para tirar o chumbo do precipitado, (...) adiciona o sulfato e formará precipitado com o chumbo e os outros íons ficarão em solução*” verifica-se este fato. Apesar de indicarem um possível indício de atentarem-se à importância de o íon encontrar-se na forma livre para reagir, este foi sutil na fala de número 70: “*Na solução adiciona cromato para precipitar... Não, para solubilizar, né?! E não pra precipitar... Para solubilizar o cobre e retira esse sobrenadante*”; e não ficou claro ao longo da rota elaborada. Um excerto do diálogo está a seguir. Neste momento o grupo havia iniciado a elaboração da rota no papel e a aluna K era quem estava anotando.

(56) Aluno D: *Tem que adicionar sulfetos, selenetos ou teluretos para formar precipitado com os cátions alumínio, cobre, chumbo, ferro e manganês... Porque são compostos pouco solúveis. Os solúveis ficarão como sobrenadante. Agora a gente vai adicionar... Agora a gente vai tirar o chumbo. Aí a gente coloca sulfato.*

(57) Aluna M: *Sulfato...?* (pensativa)

(58) Aluno D: *É...Aí só ele precipita, aí tira o resto.*

(59) Aluna K: *Precipita não.*

(60) Aluno D: *Precipita, ele precipita...Aí os outros ficam em solução, os outros íons.*

(61) Aluna K não continua a discussão e recomeça a anotar, mas vagarosamente, indicando que está pensando em como fazê-lo.

(62) Aluno G: *Vixe... Se depender da velocidade dela escrever aí, hein!?* (risos)

(63) Aluna K: *Ai...Eu não sei como formular...*

(64) Aluno D: *Então coloca aí* (com ar solícito): *Para retirar o precipitado...* (aluna K o interrompe)

(65) Aluna K: *Ai, eu ia escrever ‘para tirar o chumbo do precipitado...’* (ligeiramente irritada por conta do comentário do colega G).

(66) Aluno D: *Isso, beleza!* (continuando a indicar o que ela deveria escrever) *Adiciona o sulfato* (pausa para aguardar a aluna K escrever) *e formará precipitado com o chumbo e os outros íons ficarão em solução.*

(67) Aluna K: *Tá.*

(68) Aluno D: *Beleza. Agora a gente vai tirar o...cobre.*

(69) Aluna K: *Na solução* (pensando alto o que estava escrevendo).

(70) Aluno D: *Na solução adiciona cromato para precipitar...* (indicando novamente como a aluna deveria anotar) *Não, para solubilizar, né?! E não pra precipitar... Para solubilizar o cobre e retira esse sobrenadante. Aí beleza. Já tirou o cobre, o chumbo, aí sobrou o quê? O alumínio...*

(71) Aluna K: *Sobrou o alumínio, o manganês e o ferro.*

(72) Aluno D: *Então, se a gente colocar hidróxido vai formar hidróxido de alumínio, hidróxido de manganês* (mas pronuncia lentamente a última substância transmitindo alguma incerteza em sua entonação; procura a tabela para buscar informação acerca da solubilidade do hidróxido de manganês).

(73) Aluna K: *Vai formar hidróxido de ferro, hidróxido de manganês e hidróxido de alumínio. Os três vão formar hidróxido, não vão?!*

(75) Aluno D: *Vai, só que aqui ó* (apontando para a tabela de valores de produtos de solubilidade). *Se a gente adicionar o hidróxido vai precipitar mais fá...cil, é, mais fácil, o ferro e o alumínio porque eles são menos solúveis. Aí o manganês a gente já tira fora dessa solução.*

(76) Aluna V: *É, isso se tiver manganês lá, né?!*

(77) Aluno D: *É, isso se tiver... Se não tiver...* (risos) *Entendeu?* (referindo-se a aluna que K que estava tomando nota).

(78) Aluno G: *Dos três aqui, o manganês é o mais solúvel, o hidróxido de manganês, né?!*

(79) Aluno D: *É. O mais solúvel. Então ele vai ficar na solução e esses dois aqui vão precipitar* (referindo-se ao alumínio e ao ferro). *Aí depois é só eliminar um desses aqui.*

(80) Aluna D: *Ah, aí é só eliminar... Só eliminar...*(risos) (arremedando o aluno D indicando em sua fala como se o respectivo procedimento fosse algo bem simples de se executar).

(81) Aluno D: *Bom, aí a gente precisa ver... Porque... Cadê a tabela?* (procurando a tabela de Kps). *Aqui. Porque o 'cá pê esse' deles são bem próximos tá*

vendo?! Dez a menos trinta e quatro e dez a menos trinta e nove. Esse aqui é menor (referindo-se ao kps de valor 10^{-39} do ferro). Aí dá pra precipitar o ferro então e fica o alumínio em solução, controlando a solubilidade. (Enfatizando o termo ‘controlando a solubilidade’)

(82) Aluno G: *É... Bem difícil...* (meio desconfiado)

(83) Aluna K: *E como a gente vai fazer isso?*

(84) Aluno D: *O que você colocou aí?* (apontando para as anotações)

(85) Aluna K: *E por final para separar o ferro do alumínio...* (lendo o que havia escrito).

(86) Aluno D dando continuidade: *em concentrações controladas precipitamos o ferro. Aí você coloca que adicionou hidróxido pra separar o ferro, vai precipitar o ferro. Precipita o ferro primeiro e fica o alumínio em solução.*

Outro princípio extremamente importante na área de QAQ é justamente a necessidade do **controle das condições reacionais** para se favorecer os equilíbrios químicos de interesse. É notável que os estudantes tenham percebido a possibilidade de obtenção de compostos de interesse em uma reação a partir do controle das condições reacionais. Os estudantes comentaram explicitamente sobre a necessidade do **‘controle da solubilidade’**. Verifica-se que pela expressão utilizada por eles formada pelas palavras ‘controle’ e ‘solubilidade’, os estudantes possivelmente estabelecem nexos entre a quantidade de íons que ficarão na forma sólida (precipitados) e na forma solúvel (no sobrenadante). Provavelmente, atribuem a esta expressão um sentido que faz alusão à possibilidade de manipular/influenciar as condições da reação para que se favoreça a obtenção de compostos de interesse, um princípio fundamental da QAQ.

Nas falas transcritas acima, fica evidente mais uma vez que o conhecimento é fruto da interação com outros seres, conforme pressuposto na perspectiva histórico-cultural (VIGOTSKI, 2009). As discussões promovem a argumentação e contra-argumentação dos estudantes e assim, o conhecimento vai sendo construído. O argumento relacionado ao ‘controle da solubilidade’ utilizado pelo estudante D foi impelido pela aluna D quando esta o imitou (fala 80) com relação à eliminação final de

um dos dois íons (ferro ou alumínio) e quando o estudante G comenta ser “*bem difícil*” (fala 82) realizar a separação de íons que possuem K_{ps} muito próximos. Em conformidade com o que afirma Moura (2010), observa-se que esta interação (estudante-estudante e também professor-estudante) que a AOE propicia, suscita o desenvolvimento de **conhecimentos de qualidade nova**, como se pôde observar pelos indícios nas falas dos estudantes neste episódio, onde o estudante despertou-se para a necessidade do controle das condições reacionais devido aos valores de K_{ps} serem muito próximos para o ferro e o alumínio.

Pela recorrente consulta à tabela de valores de K_{ps} , observada ao longo das discussões desse grupo, e pela fala de número 81 do estudante D “*Bom, aí a gente precisa ver... Porque... Cadê a tabela?*”, por exemplo, pode-se dizer que o estudante expressa pela fala reconhecer a necessidade de buscar mais informações e adquirir outros conhecimentos para desvendar o problema abarcado na AOE, o que contribui para o processo de apreensão de conhecimentos de modo a desenvolver o estudante enquanto ser humano (LEONTIEV, 1978). Segundo Moura (2010), a tarefa educativa que proporciona a construção e assimilação do conhecimento, que fazem com que os estudantes questionem por conta das dúvidas aplacadas e que instigam essa busca por mais conhecimento acabam por motivá-los e assim, contribui significativamente para o processo de ensino e de aprendizagem.

Além disso, verifica-se que os estudantes não possuem o conhecimento acerca das propriedades anfóteras do hidróxido de alumínio (ou seja, reage tanto em meio ácido como em meio básico – reações adiante), como já era esperado devido a este conteúdo na ocasião ainda não ter sido ministrado na disciplina. Verifica-se nas falas acima a importância do papel atribuído ao professor em uma AOE. O caráter **orientador** da AOE justifica-se aí, bem como o papel do professor: a necessidade do acompanhamento dos estudantes pelo professor para que o mesmo possa nortear o processo de ensino e de aprendizagem (papel de mediador do professor). Neste momento, seria oportuno introduzir os conceitos referentes às propriedades anfóteras de alguns compostos a partir da necessidade que surgiu de separação do ferro e do alumínio, tendo em vista que seus respectivos hidróxidos possuem valores de K_{ps} muito próximos – $\text{Fe}(\text{OH})_3 = 2,79 \cdot 10^{-39}$ e $\text{Al}(\text{OH})_3 = 3 \cdot 10^{-34}$ (anexo VI). A introdução das

reações a seguir durante a construção da rota e suas implicações poderiam esclarecer certos questionamentos e comentários como “*E como a gente vai fazer isso?*” (fala 83) e “*É... Bem difícil...*” (fala 82).

Estas propriedades foram abordadas com os estudantes no terceiro encontro teórico quando foi elaborada conjuntamente a rota de análise com os três grupos, justificando mais uma vez o caráter orientador da AOE proposto por Moura (2010), a intencionalidade da atividade de ensino. Isso nos remete, inclusive, a refletir acerca do papel importante do professor no processo de apreensão do conhecimento, uma vez que tem a função de mediador deste processo.

O grupo 3 foi o grupo de estudantes que mais se destacou com relação à construção da rota de análise referente ao conceito de solubilidade. Um dos estudantes demonstrava realizar mais facilmente as associações do que os outros, mas outros três estudantes também contribuíram significativamente para as discussões. Algo interessante levantado por este grupo é que o ferro, possivelmente presente na água da cidade, estaria inicialmente já na forma sólida como hidróxido de ferro, até mesmo por conta do entupimento dos canais de irrigação. Ou seja, o composto sólido já estava previamente formado. Esta discussão foi posta para os grupos 1 e 2, no entanto, apenas o grupo 3 partiu desse pressuposto. O grupo 1 e 2 elaboraram a rota de análise admitindo que o ferro encontrava-se na forma iônica livre (Fe^{3+}), e isso gerou divergências nas rotas propostas. A rota do grupo 3 consistiu então em primeiramente adicionar ácido clorídrico (HCl) para solubilizar o precipitado de ferro presente na água e também precipitar o chumbo (admitindo que o mesmo poderia estar presente na água) e “*os outros vão continuar em solução*” conforme expressão (fala 87) utilizada por eles. O sentido atribuído pelos estudantes à essa expressão refere-se à dissolução do hidróxido de ferro, uma vez que ao adicionar HCl iriam provocar a dissolução do mesmo, deixando o ferro livre para reagir. Esta expressão (fala 87) “*os outros vão*

continuar em solução”, portanto, está associada ao conceito de solubilidade. A fala transcrita a seguir sugere o explicitado acima.

(87) Aluno R dirigindo-se para a câmera: *Então, a gente pensou em primeiro adicionar ‘agá cê eli’ porque ele vai precipitar o chumbo e os outros vão continuar em solução. Então já tira o chumbo.*

(88) Aluna C: *E vai tornar o meio mais ácido.*

(89) Aluno R: *É, vai tornar o meio mais ácido.*

(90) Aluna J: *Aí naquela solução...*

(91) Aluno R: *E daí, naquela solução ali atrás que tirou o chumbo... A gente vai adicionar ácido sulfídrico (pequena pausa) porque o ácido sulfídrico vai precipitar o ferro, o manganês e o alumínio e os outros vão continuar em solução. Agora a gente tem que se concentrar nessas três porque têm dois do que a gente quer aqui (referindo-se ao manganês e ao ferro). Então a partir de agora a gente tem que discutir o que a gente pode fazer pra separar os íons... Então, a gente tá pensando o que a gente pode fazer pra identificar o ferro agora.*

(92) Aluna C: *É... A gente tem que colocar na centrífuga pra separar o sobrenadante porque é nele que vai ter os restos das coisas que a gente tirou.*

(93) Aluno R: *Então a gente separa em três tubos e a gente tá pensando o que a gente vai fazer pra cada tubo (neste momento, começam a pensar em como identificar cada um dos íons em cada tubo separadamente).*

Após esta discussão, os estudantes do grupo 3 partem para uma outra estratégia para continuar a construção da rota de análise, conforme transcrito a seguir.

(94) Aluna St: *Mas o que a gente precisa saber é se só no ferro o tiocianato vai ficar vermelho...*

(95) Aluno R: *Tá, e pro alumínio?*

(96) Aluna J: *O alumínio precipita como hidróxido, não precipita?*

(97) Aluno R: *Precipita, mas todo mundo precipita... Não adianta.*

Eles tão como mesmo? Eles tão em sulfeto, né?

(98) Aluna J: *A gente pode precipitar o alumínio com fosfato... Fosfato de alumínio.*

(99) Aluno R: *A gente jogou tudo isso em água, agora a gente tem esses três em água...*

(100) Aluna C: *Mas se a gente jogar em água de novo...*

(101) Aluna J: *Eu não sei se é água, eu acho que não é... Tem que ser outra coisa...*

(102) Aluna St: *Tem que ser água deionizada, se não vai ter interferência...*

(103) Aluna J: *A gente vai ter que controlar... Acho que com o pH, vamos ter que descobrir se é com ácido ou base... Ai, agente vai ter três tubinhos... Em um o teste do ferro, do outro do alumínio com o fosfato...*

(104) Aluno C: *Então, mas o fosfato ele pode precipitar o ferro também...*

(105) Aluna St: *É, ele precipita primeiro o quê? O ferro, né? Ahh, não... Então vai precipitar primeiro o de alumínio mesmo...*

Verifica-se neste grupo a preocupação com relação ao controle das condições reacionais, assim como no grupo 1, no entanto, aqui já se apropriam da palavra **controlar** relacionada ao **pH** (fala 103). Fazem alusão ao controle da reação por meio do pH para precipitar apenas os compostos de interesse, apesar de não saberem exatamente como fazê-lo inicialmente (se em meio básico, ou se em meio ácido). Ao longo das discussões observa-se que optaram por utilizar um controle básico, fazendo uso da palavra **tampão** (solução capaz de manter o pH de meios reacionais), justificando que o “*meio não pode ser muito básico, mas pouco básico já é suficiente para precipitar o ferro e o alumínio, devido a seus baixos K_{ps} . Porque se fosse muito básico precipitaria mais cátions*”.

De acordo com Gadotti (2006) e Vigotski (2007) é somente em movimento que um corpo pode mostrar o que é de fato e que este movimento é sempre constante. Neste panorama, segundo Rigon (2010), é preciso que se criem condições na pesquisa em termos metodológicos que propiciem captar tal movimento, como discutido no capítulo 3 desta dissertação. Observa-se pelas falas transcritas que a AOE foi interessante enquanto um recurso metodológico, visto que proporcionou captar indícios desse

movimento. É perceptível na discussão transcrita acima, onde o movimento do pensamento à palavra e da palavra ao pensamento se aflora.

4.2 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 2

4.2.1 Episódio 4: Teste em laboratório das rotas propostas para análise do íon Fe^{3+} na água da cidade

Neste encontro, os estudantes foram ao laboratório didático para realizar os experimentos referentes às suas respectivas rotas propostas para confirmar (ou refutar) a hipótese da presença do ferro e/ou manganês como íon causador das alterações observadas na água da cidade. Tinham à sua disposição o *kit* experimental que já utilizavam na disciplina de QAQ. Este *kit* contém na bateria de reagentes (listados no anexo VIII): todos os reagentes de grupos, os reagentes para controle das condições reacionais, soluções de partida de cloretos e nitratos dos cátions de todos os grupos; e algumas vidrarias e utensílios de laboratório: tubos de ensaio, estante para os tubos de ensaio, béqueres, pipetas de Pasteur, baguetas e bico de Bünsen. Foi explicado que teriam em torno de uma hora para realizar os testes e que deveriam se atentar aos resultados obtidos, pois os discutiríamos no encontro seguinte (encontro 3).

Cada grupo tomou uma alíquota da amostra de partida simulando a água da cidade para realizar os testes.

Inicialmente, todos os grupos cuidaram com a lavagem prévia das vidrarias e seguiram a sequência de experimentos que propuseram em suas rotas.

Observa-se durante as aulas experimentais de QAQ que há uma preocupação exacerbada de alguns estudantes em marcar **exatamente** a quantidade de gotas adicionadas de determinado reagente na amostra para fazer precipitar o composto de interesse. Isto indica que não está claro no pensamento dos estudantes que em uma análise **qualitativa** a quantidade das substâncias não se configura como algo primordial

para a **identificação** dos cátions. Um dos objetivos da disciplina de QAQ é fazer com que os estudantes consigam realizar estimativas quanto ao número de gotas a ser adicionado de um reagente de determinada concentração em uma solução almejando a precipitação do composto de interesse. Estas estimativas requerem que os estudantes relacionem a quantidade de matéria existente no tubo de ensaio com a quantidade de matéria equivalente que seria necessária para a reação ocorrer. Devem-se atentar ao conceito de concentração, já que este expressa a relação entre quantidade de matéria e volume total da solução. Para um reagente de maior concentração, a quantidade de gotas a ser adicionada do mesmo será menor quando comparado a um reagente de menor concentração, cuja quantidade de gotas a ser adicionada será maior. Dessa maneira, as reações de tubo de ensaio comuns em QAQ auxiliam no desenvolvimento desta habilidade química, que consiste em estimar a quantidade de reagente necessária para determinada reação acontecer. Se conscientes do **objetivo** da reação de identificação de um íon em uma análise qualitativa, este senso de realizar estimativas quanto à quantidade de substância a ser adicionada no tubo de ensaio será desenvolvido. Uma vez detectado o cátion de interesse por meio da precipitação com o respectivo reagente, não há necessidade de continuar a adição deste último. Também emerge desse processo, o conceito de **precipitação quantitativa**: quando estamos realizando o processo de **separação** dos cátions, deve-se realizar a contínua adição de reagente de grupo até cessar a precipitação do grupo de cátions em questão, para garantir a sua ausência no sobrenadante no qual se prosseguirá a análise, evitando interferências dos mesmos nas reações subsequentes.

Neste segundo encontro, observamos por meio da fala de alguns estudantes, transcrita a seguir, que estes aspectos citados estavam sendo construídos no pensamento dos estudantes. Na fala 106: “*conta aí quantas gotas, **mas** coloca até parar de precipitar*” (grifo nosso), podemos inferir pela conjunção coordenada adversativa (“mas”) utilizada pelo estudante que ele está consciente de que a contagem de gotas não é essencial. O que de fato é importante nesta etapa da análise é a precipitação quantitativa dos cátions que lhes interessavam de acordo com a rota proposta por eles.

(106) Aluno D: *Vamos adicionar sulfeto de sódio. Conta aí quantas gotas, mas coloca até parar de precipitar.*

(107) Aluno G: *Olha! Tá precipitando, pode continuar colocando.*

Após alguns minutos adicionando o reagente e observando, continuam o diálogo.

(108) Aluna K: *Agora tem que agitar e centrifugar. A solução tá turva, né? Precipitou e ficou um líquido turvo, só que agora tem que... que centrifugar.*

(109) Aluno G: *É, agora a gente vai centrifugar.*

(110) P: *O que estão fazendo agora?*

(111) Aluno D: *Centrifugando.*

(112) P: *E por que estão centrifugando?*

(113) Aluna K: *Pro “precipitante” decantar e...* (buscando as palavras para explicar, mas o aluno G a auxilia na sequência).

(114) Aluno G: *Pra gente separar do sobrenadante.*

Após alguns minutos do tubo de ensaio na centrífuga:

(115) Alunos praticamente juntos: *Olha, deu certo! Precipitou mesmo!* (manifestação de alegria pelo resultado obtido).

Ainda nesta discussão, podemos inferir que durante a AOE os alunos foram capazes de mover ações de modo consciente para atingir o objeto de interesse: analisar a presença de ferro na água da cidade. Quando a aluna K e o aluno G (falas 113 e 114) respondem o porquê irão realizar o procedimento de centrifugação da amostra, além de demonstrarem em sua fala que compreendem o significado deste procedimento, o fazem de modo intencional, ou seja, para separar o precipitado disperso no sobrenadante. Na última fala observa-se claramente pelo sentimento de alegria manifestado pelos estudantes quando alcançaram o objetivo desejado nesta etapa, ou seja, estavam na expectativa de obter tal resultado. Segundo Leontiev, pode-se dizer que o indivíduo está em Atividade quando o motivo e o objeto da atividade são coincidentes, quando o motivo orienta ações ao objeto de interesse. E assim, o sujeito desenvolve suas funções psíquicas superiores. No diálogo acima observamos tal fato, mas na discussão a seguir tornam-se mais evidentes os indícios de que os alunos entraram em Atividade, por conta de representar o desfecho dos procedimentos experimentais da rota de análise do ferro.

(116) Alunos D e G dirigindo-se ao grupo: *Bom... Onde nós achamos que é ferro, vamos adicionar tiocianato, se ficar vermelho é ferro, se não ficar não é.* (Demonstrando segurança na hipótese).

(117) P: *E aí, pessoal? Como estão?*

(118) Aluna K: *Deu tudo errado!* (Um pouco irritada).

(119) Aluno G: *Na teoria o precipitado era para ter outra cor, então, a gente acha que precipitou errado.*

Alunos adicionam ácido clorídrico ao precipitado, que pressupõe conter ferro.

(120) P: *Por que estão adicionando HCl?*

(121) Aluno G: *Pra solubilizar.*

(122) P: *E por que vocês querem solubilizar?*

(123) Alunos D e G: *Para conseguir fazer o teste do ferro com o tiocianato.*

Alunos adicionam o tiocianato e a solução torna-se vermelha intensa.

(124) Aluno D: *Olha!! Ficou vermelho!! Então tem ferro!* (Alunos muito alegres com o resultado).

Se considerarmos que o **objeto** da AOE neste encontro foi a **necessidade** da análise de ferro na água da cidade e que os **motivos** que levaram os estudantes a mover **ações** para alcançá-lo culminaram na concretização da identificação do ferro na água, podemos dizer que entraram em **Atividade** (LEONTIEV, 1978). Apesar de os estudantes neste encontro ainda não se apropriarem significativamente do princípio geral envolvido na marcha analítica (como era esperado que eles ainda não se apropriassem), suas falas apontam que compreendem a necessidade da solubilização prévia do íon de interesse para posterior reação de identificação do mesmo. E por mais que não tivessem certeza da composição exata de cada sobrenadante e precipitado que obtiveram ao longo da análise, os estudantes demonstraram estar cientes da necessidade de isolar o ferro de alguma maneira para poder identificá-lo sem prejuízo de interferentes. Tal fato é um indício da construção do princípio geral envolvido na marcha analítica, cujo pensamento estruturante geral foi apropriado pelos estudantes. As

ações que realizaram durante a rota de análise, como adição de reagentes para precipitação, separação de precipitados e sobrenadantes por meio de centrifugação, adição de ácido clorídrico para solubilização do ferro e adição do tiocianato para identificação do ferro na água, permitiram que os estudantes inferissem acerca da presença deste cátion como causador das alterações da água da cidade observada pelos personagens do vídeo.

Outro aspecto notado por meio da experiência da orientadora enquanto docente responsável por QAQ e por participar como monitora da referida disciplina, são os constantes questionamentos dos estudantes acerca das ações subsequentes que devem realizar ao longo dos experimentos. Tal fato observado nas aulas experimentais de QAQ aponta para uma **dependência** que possuem com relação à existência de uma sequência de etapas experimentais já previamente determinada. É compreensível essa cultura adquirida pelos estudantes, uma vez que a maneira como a QAQ é organizada, e também outras disciplinas experimentais, levam a essa dependência. É costume fornecer materiais aos estudantes os quais contenham toda a descrição do procedimento, o “passo a passo”, que devem realizar durante o experimento. Os materiais são denominados das mais variadas formas: manuais, roteiros, apostilas, procedimentos experimentais, todavia convergem para uma mesma problemática: criar nos estudantes a concepção da Química como uma ciência pronta e imutável e habituá-los com uma Química dos “livros de receitas” (STUBBS, 1959). E a visão da Química Analítica Qualitativa como uma área da Química onde as informações devem ser simplesmente **decoradas** acaba sendo acentuada. Assim, os materiais e o ensino devem ser organizados de maneira a promover o desenvolvimento mental (MOURA, 2010). Os materiais assumem o papel de instrumento mediador do processo de ensino e aprendizagem e dada esta função, é preciso que sejam organizados de modo a possibilitar o desenvolvimento psíquico dos estudantes. Possivelmente a disponibilização destes materiais do modo como se apresentam contribua para gerar esta cultura de dependência dos estudantes frente às aulas experimentais. Dessa forma, acaba-se por perder o rico potencial que há nas aulas experimentais no que diz respeito à formação almejada dos futuros químicos.

Neste segundo encontro, de caráter experimental, observou-se que os questionamentos por parte dos estudantes acerca de como proceder com relação às

etapas subsequentes do experimento foram extremamente minimizados. Este evento pode ser atribuído ao modo como foram organizados os encontros. Na Atividade Orientadora de Ensino estruturada foi despertada nos estudantes a necessidade de solucionar o problema referente à qualidade da água da cidade. Após levantarem suas hipóteses sobre o possível íon causador das alterações da água, elaboraram em grupos rotas de análise para identificação do íon ferro. Elaborando suas próprias rotas e com o objetivo em mente a ser alcançado, puderam selecionar conscientemente os procedimentos experimentais que deveriam realizar no laboratório, mesmo que não selecionassem os procedimentos mais adequados.

Esse modo de organizar o ensino, no caso as aulas experimentais de QAQ, permite que os estudantes sejam estimulados a pensar de fato, a entrar em Atividade, e desenvolver seu espírito investigativo sobre as reações químicas e as condições nas quais elas se processam. A QAQ desempenha um importante papel pedagógico neste aspecto, ao passo que quando organizado seu currículo de modo conveniente, permite que o estudante adquira uma postura científica, aguçando sua capacidade de observação, criatividade e autonomia (SENISE, 1982 e 1985); atributos estes previstos nas DCNs e nos PPPs dos cursos de Química.

Após a realização da rota de análise elaborada por cada um dos grupos, todos obtiveram resultado positivo para a presença do íon ferro e resultado negativo para o íon manganês. Um dos intuitos da AOE era que por meio do texto contendo as características de alguns cátions (anexo I) os alunos realmente levantassem a hipótese da presença de ferro e/ou manganês na água da cidade. E que ao elaborarem suas rotas de análise, partindo da discussão da possível ocorrência de reações paralelas (conhecidas ou não) com reagentes específicos de identificação do ferro ou do manganês, se apropriassem do princípio da marcha analítica por meio do conceito de **solubilidade**. A discussão pautou-se mais firmemente na especificidade do teste do ferro com tiocianato do que no teste de identificação do manganês. Isto foi intencional, uma vez que o teste do ferro era conhecido dos estudantes e o teste do manganês não, e o objetivo era que os estudantes se apropriassem não necessariamente dos testes de identificação dos cátions em si, mas da necessidade da separação prévia à identificação dos mesmos (princípio da marcha analítica), emergindo deste contexto o fenômeno da

interferência. Por este motivo, o teste de identificação do manganês não foi foco de discussão com os alunos.

4.3 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 3

4.3.1 Episódio 5: Discussão coletiva dos resultados observados durante a análise das rotas propostas pelos estudantes

No terceiro encontro, foram então discutidas algumas das observações experimentais realizadas no encontro 2 pelos estudantes e apesar das divergências encontradas em cada uma das rotas, todos os grupos haviam encontrado ferro em suas amostras. Este fato suscitou novamente o questionamento sobre a especificidade do teste do ferro com tiocianato para repensarem rapidamente sobre isso, e pormenores foram discutidos no encontro 5. Uma rota coletiva foi elaborada a partir da discussão conjunta entre todos os grupos com intuito de fazê-los construir e/ou consolidar o pensamento estruturante do princípio da marcha analítica a partir do conceito de solubilidade e demais conceitos relacionados à marcha analítica (reagentes de grupo, interferentes, dissolução), fundamentado na teoria de equilíbrio químico.

Inicialmente, a reação de hidrólise do ferro e o caráter ácido da respectiva solução foram abordados com os estudantes a partir do relato dos integrantes de um dos grupos e de uma dúvida dos mesmos: se a adição de ácido clorídrico ao hidróxido de ferro com o objetivo de dissolvê-lo poderia acarretar uma reação (indesejada) entre o cloreto (Cl^-) e o íon de interesse (Fe^{3+}), impossibilitando assim sua identificação naquele momento. Um excerto da discussão está transcrita a seguir e será discutido na sequência.

(125) P: *A sugestão do grupo dois foi de adicionar um ácido forte, no caso HCl para dissolver o hidróxido de ferro. Concordam?*

(126) Maioria dos alunos: *Isso! Concordamos! Vai dissolver.* (Expressões seguras transparecendo certeza).

(127) P: *Pelo que discutimos agora sobre a formação do hidróxido de ferro, seria possível dissolver. Ok. Mas aí, elas disseram que caíram em outro problema: Será que o Cl⁻ proveniente do ácido clorídrico não poderá reagir com o ferro, se tiver mesmo ferro na água? E aí? O que vocês acham?*

Estudantes pensativos, com medo de arriscar. Após um tempo:

(128) Aluno R: *Então, acho que não vai ter problema, porque o cloreto de ferro é solúvel, não é?! Então se reagir não tem problema para o que a gente quer.*

(129) P: *Mas a pergunta é: vai reagir?*

(130) Alguns alunos: *Temos que olhar nas tabelas...*

(131) Aluno R: *É essa aqui, né?! (Mostrando o quadro que contém as regras de solubilidade – anexo II. É um quadro de regras, mas ao longo do diálogo utilizamos o termo tabela para designá-lo).*

(132) P: *Isso, essa mesmo! (Pegando a tabela de regras de solubilidade e mostrando para os alunos). Essa tabela mostra pra gente o que é solúvel e o que não é solúvel, dando uma ideia geral em termos qualitativos de quais íons poderão reagir entre si, por isso que eu entreguei pra vocês. Pra que vocês pudessem se basear por ela pra elaborar a rota de análise de vocês. Nessa tabela fala o seguinte, acompanhem aí, que “cloretos, brometos e iodetos são solúveis” (ênfatizando “são solúveis”), menos os de mercúrio, prata, e chumbo. (Alunos ajudaram a completar a frase se referindo à prata, ao mercúrio e ao chumbo, pois estavam acompanhando a tabela). Bom, retomando o problema das meninas, agora então eu pergunto novamente a vocês: se adicionarmos HCl pra dissolver o hidróxido de ferro, o cloreto poderá reagir com o ferro?*

(133) Maioria dos alunos, inclusive os do grupo 2 que haviam levantado o questionamento: *Não!!* (Agora certos da resposta).

(134) Aluna G, integrante do grupo II: *Aaaaah...!* (Exprimindo algo do tipo “agora entendi”).

(135) P: *Precipitaria alguma coisa?*

(136) Alunos: *Não...*

(137) P: *Não. Certo!? O cloreto de ferro é solúvel, então podemos adicionar HCl para dissolver o hidróxido de ferro, sem problemas.*

Observamos no início da discussão transcrita que uma dúvida pertinente foi posta em questão: a ocorrência de uma possível reação (de precipitação, no caso) entre o ferro e o cloreto. Esta dúvida indica que os estudantes estão cientes que é necessário que o ferro esteja na forma de um íon livre (Fe^{3+}) em solução para que esteja disponível para a reação específica de identificação com os íons tiocianato (SCN^-). Este fato aponta que o pensamento dos estudantes estava orientado para o objetivo da atividade: identificar a presença do ferro. Tal preocupação dos estudantes demonstra que estavam organizando ações em seu pensamento, as quais pudessem satisfazer o objetivo da atividade. Ao longo de toda a AOE, as respostas às dúvidas não foram fornecidas prontamente aos estudantes, já que o objeto de estudo desta pesquisa consiste em estudar a construção do conhecimento e também por conta da fundamentação metodológica utilizada. Assim, os estudantes foram orientados a apropriar-se do princípio lógico que possibilita prever a ocorrência de reação de precipitação por meio do conceito de solubilidade. Esta orientação foi realizada fazendo uso do quadro de regras de solubilidade (anexo II), pois continha informações de que os cloretos são solúveis com exceção dos cloretos de mercúrio, prata e chumbo. Se apenas os cloretos de prata, mercúrio e chumbo são insolúveis, os cloretos dos outros cátions serão solúveis, logo o cloreto de ferro é solúvel. Isso implica que o ferro estará na forma livre em solução, ou seja, suscetível a reações posteriores. Após as explicações observa-se que, ao retomar a dúvida inicial (fala 132): “*se adicionarmos HCl pra dissolver o hidróxido de ferro, o cloreto poderá reagir com o ferro?*”; os estudantes compreenderam como prever a ocorrência de uma reação de precipitação e também como fazer uso das informações contidas no quadro de regras de solubilidade fornecidas a eles durante a atividade. Quando expressam certeza ao responder que “*Não!!*” (fala 133) ocorrerá a reação entre o cloreto e o ferro e também na fala 134 “*Aaaah*” da aluna G que era integrante do grupo que levantou o questionamento, temos indícios de que se apropriaram da lógica de como prever a

ocorrência de uma reação de precipitação por meio da análise dos dados referentes à solubilidade.

Aproveitando ainda a dúvida relatada acima foi possível discutir com os estudantes o princípio da marcha analítica (conforme esquema apresentado na figura 8). A transcrição da discussão está adiante.

(138) P: *Bom, elas então colocaram HCl e me disseram que o precipitado que continha lá na amostra de água, as sujeiras e pedacinhos como vocês disseram antes, de-sa-pareceu.* (Falando lentamente a última palavra).

Risos dos alunos por conta do termo inicial que eles haviam utilizado para se referir ao precipitado (“sujeiras” e “pedacinhos”) e pelo uso da palavra “desapareceu”.

(139) P: *Risos. Qual seria o termo correto? Cientificamente falando para o “desapareceu”...?*

(140) Maioria dos alunos: *Dissolveu, solubilizou...*

(141) P: *Isso! E aí, elas colocaram tiocianato e observaram que* (alunos completaram a frase: “ficou vermelho”). *Isso, a solução ficou vermelha, indicando* (alunos completaram a frase novamente “que tinha ferro”). *Certo.*

(142) Aluno R: *Ué, mas elas fizeram isso no começo?* (Indicando que o grupo que realizou este procedimento possivelmente estaria errado).

(143) Alunas do grupo 2: *Não, a gente fez no final isso.*

(144) P: *Não, não. Elas chegaram a um ponto na rota delas, onde acreditavam que o precipitado que elas obtiveram era hidróxido de ferro e nele elas adicionaram HCl e depois tiocianato e observaram que ficou vermelho. Esse não foi o primeiro passo delas na rota, tá bom?*

(145) Aluno R: *Aaah tá...*

(146) P: *Mas aí é que surge a minha próxima pergunta: se vocês tivessem feito isso no início da rota, teria dado certo?*

Estudantes com expressões pensativas.

(147) P: *A gente poderia ter realizado este procedimento, ou seja, analisar a presença de ferro logo no começo da rota??*

-
- (148) Alunas M, C e G e aluno D e G: *Não... Por causa dos interferentes.*
- (149) Aluno R: *Depende... (Silêncio rápido) Não! Se não poderia ter interferente.*
- (150) P: *Será mesmo?*
- (151) Alunos: *Sim, tem que tirar os interferentes.*
- (152) Aluna C: *Por exemplo, que nem aqueles que você colocou na lousa que podia ter na água...* (Referindo-se aos cátions que foram anotados na lousa, no primeiro encontro, aleatoriamente como possíveis de estarem presentes na amostra).
- (153) P: *Isso. Poderia ter, não conhecemos a composição da amostra.* (Enfatizando a palavra “poderia”).
- (154) Aluna C: *Então, poderia ter chumbo, cloreto de chumbo é insolúvel, aí ao adicionar o HCl precipitaria... o cloreto de chumbo.* (Falando de modo mais lento, demonstrando estar organizando o pensamento, mas segura do que estava dizendo). *E aí a gente tiraria.*
- (155) P: *Vocês concordam com a aluna C?*
- Alunos atentos ao que ela dizia e balançando a cabeça em sinal positivo que concordavam com ela.
- (156) Aluna St: *E aí o ferro não ia reagir...*
- (157) Aluna C: *É. E aí o ferro não ia reagir, porque é solúvel... o...* (tentando se lembrar do nome do composto) *cloreto de ferro e ficaria na solução.*
- (158) P: *Muito bom! É isso mesmo! Vocês entenderam o que as meninas disseram?*
- (159) Alunos: *Sim...* (E balançando a cabeça em sinal positivo).
- (160) P: *Está é a lógica que vocês precisariam ter usado para elaborar a rota! E que nós vamos usar pra montar a nossa rota coletiva: vamos pensar então que podemos ir separando os íons que não nos interessam e que poderiam atrapalhar a nossa análise, formando composto indesejado com o ferro, ou com o próprio tiocianato, relacionando sempre o conceito de solubilidade. Aqueles compostos mais solúveis permanecerão em solução, aqueles compostos menos solúveis vão fazer parte do precipitado, certo!?* (Enfatizando os adjetivos “mais” e “menos” solúveis).
-

O aluno J, bastante introspectivo, porém atento, apenas ergueu a sobrancelha com expressão de “agora entendi”.

(161) P: *Depois a gente vai retomar de modo especial o teste do ferro com o tiocianato, mas agora nós vamos aproveitar o ensejo pra discutir algumas outras coisas. Nós tínhamos que partir da ideia que não conhecíamos a composição da amostra da água da cidade, e como vocês disseram, de alguma maneira garantir que no momento que fôssemos fazer o teste do ferro não haveria problemas de outras coisas interferirem, outros íons. Então* (escrevendo na lousa a palavra “amostra” para dar início a elaboração da rota), *uma ideia inicial seria justamente a adição de HCl, como alguns de vocês falaram. Bom, com o que a gente acabou de discutir, o que aconteceria se a gente adicionasse o HCl?*

(162) Não na mesma sequência, mas vários alunos responderam: *Formaria cloreto de chumbo, de prata e de mercúrio.*

(163) P: *Isso mesmo! Formaria cloreto de prata, cloreto de chumbo e cloreto de mercúrio* (continuando o esquema da rota na lousa). *E olha só que interessante! Tem uma outra tabela* (anexo III) *que eu dei pra vocês* (pegando na mesa a tabela e mostrando para os estudantes) *que mostra em números a solubilidade dos cloretos de mercúrio, prata e chumbo, justamente pra reforçar que esses três, a prata, o mercúrio e o chumbo, são muito semelhantes...* (ênfatizando “muito semelhantes”).

Alunos procuram a tabela mencionada e observam a informação contida na mesma.

(164) P: *Bom, então como o cloreto de prata, de mercúrio e de chumbo são insolúveis ficariam precipitados, certo!?*

Alunos confirmam balançando a cabeça em sinal positivo.

(165) P: *E o que ficaria no sobrenadante?*

(166) Maioria dos alunos juntos: *O resto!!!*

(167) Aluno R: *A amostra inteira menos esse grupo.*

(168) Aluna C: *Boa! A amostra menos esses três aí.*

(169) P: *Exatamente! Todo o restante é solúvel, portanto vai ficar no sobrenadante. Então, olha que interessante! Esses cloretos, o de prata, de mercúrio e de chumbo, têm a propriedade de precipitar como cloretos, certo?!*

Alunos atentos fazem sinal positivo com a cabeça.

(170) P: *Já que eles têm essa característica em comum, a gente pode agrupar esses três cátions em um grupo! Um pleonasmo! Mas é bom que reforça a ideia!* (Risos dos alunos e pesquisadora). *É dessa forma que segue o princípio da chamada marcha analítica! Esse é o cerne da Quali! Através da solubilidade que alguns cátions apresentam com certos reagentes, podemos classificar esses cátions em um único grupo e assim, conseguir ir separando esses cátions durante a rota, como precipitado, né!? E fazendo restar aquele cátion que a gente quer analisar, identificar, diminuindo o risco de haver interferentes no teste de interesse, certo!?*

Os estudantes estavam atentos às explicações e estas foram realizadas de modo relativamente lento para que os estudantes pudessem acompanhar o raciocínio. Os estudantes do grupo 1 estavam respondendo aos questionamentos, principalmente o aluno D e o aluno G, no entanto, como estavam sentados mais ao fundo da sala, a gravação não captou muito precisamente suas falas.

Neste episódio, observamos alguns aspectos importantes referentes à construção do conhecimento dos estudantes.

Na fala 138 “*Bom, elas então colocaram HCl e me disseram que o precipitado que continha lá na amostra de água, as sujeiras e pedacinhos como vocês disseram antes, de-sa-pareceu*” a pesquisadora faz menção aos termos utilizados no início deste terceiro encontro pelos próprios estudantes para designar as observações físicas que realizaram da amostra de água. As palavras “*sujeiras*” e “*pedacinhos*” são provenientes do contexto cotidiano dos estudantes e configuram-se como conceitos espontâneos (VIGOTSKI, 2009) e utilizaram-nas no sentido de indicar a existência de aglomerados de partículas sólidas na amostra de água. Os risos dos estudantes no momento desta fala demonstra que têm consciência de que estas palavras são termos corriqueiros do cotidiano e não seriam os mais adequados para se tratar uma investigação de cunho científico. No decorrer da discussão, a significação imbuída nessas palavras pôde evoluir e passaram a utilizar o termo precipitado, um conceito científico (VIGOTSKI, 2009) que será abordado no encontro 5 (item 4.5.1). O mesmo foi observado para a palavra “*desapareceu*” pronunciada pela pesquisadora de modo

intencional, que causou risos nos estudantes e prontamente já o associaram ao termo “*solubilizou*”, um conceito científico.

A discussão transcrita acima permite observar que o movimento do desenvolvimento do pensamento dos estudantes se dá numa dimensão intersíquica para a intrapsíquica, conforme percorrido neste trabalho a partir de Araújo (2009) e Vigotski (2007). A dúvida do aluno R sobre o momento da rota de análise no qual as meninas do grupo 2 adicionaram HCl ao hidróxido de ferro (fala 142) mobilizou a discussão no sentido de fazê-los expor o conhecimento que já possuíam em seu pensamento sobre esta ação. Na sequência (fala 143) as alunas do referido grupo esclareceram que não havia sido no início. A pesquisadora aproveita para provocá-los novamente sobre a especificidade do teste do ferro com tiocianato (falas 146 e 147), já previamente discutida no encontro 1. A expressão “*Aaah tá...*” (fala 145), as falas 148 e 151 dos estudantes negando a possibilidade de realização do teste no início da rota, bem como as explicações subsequentes da aluna C (fala 152, 154 e 157) com as quais os outros estudantes afirmaram concordar, confirmam que estava consolidado no pensamento dos estudantes que há a necessidade de eliminação dos possíveis interferentes previamente à realização do teste específico de identificação do ferro. Nas análises qualitativas será sempre preciso que se atentem à necessidade de garantir a ausência de possíveis íons interferentes do teste específico do cátion o qual se deseja identificar e tal garantia será possível, por meio da separação prévia dos cátions em grupos analíticos. Podemos dizer que este conhecimento (a necessidade de garantir a não interferência de outras espécies em um teste de identificação específico de um cátion) faz parte nesse instante do Nível de Desenvolvimento Real dos estudantes (ARAÚJO, 2009). Partindo deste pressuposto, questionamentos e explicações ao longo da discussão (falas 160 a 170) foram realizados pela pesquisadora, almejando direcionar o pensamento dos estudantes para a apropriação da lógica de classificação dos cátions em grupos analíticos. E assim, possibilitar a internalização do pensamento estruturante que rege o princípio da marcha analítica. Observa-se que houve uma atuação da pesquisadora na Zona de Desenvolvimento Proximal dos estudantes por meio da mediação realizada ao longo do desenvolvimento deste episódio. Segundo as implicações pedagógicas das ideias de Vigotski e Leontiev, é importante que o professor atue enquanto mediador do processo

de ensino e aprendizagem, e possa orientar o mesmo de modo a fazer com que os estudantes atinjam o objeto da Atividade de aprendizagem. Há indícios de que houve a internalização da generalização do princípio que envolve a análise qualitativa e assim, munidos desta generalização, os estudantes estarão aptos a refletir sobre as situações com as quais se defrontarão, movendo ações que permitam investigar e resolver tais problemas. Assim, corroboramos com Vigotski (2007) quando este afirma que a aprendizagem leva ao desenvolvimento.

A importância da mediação do professor se faz explícita neste episódio e reforça a profícua figura do professor no processo de ensino e aprendizagem. Cabe ressaltar neste momento a explicitação do caráter **orientador** de uma AOE, ou seja, o caráter intencional da atividade de ensino, conforme previsto por Moura (2010).

Ao longo da elaboração da rota, conceitos diretamente relacionados foram trabalhados com os estudantes como reagente de grupo, controle das condições reacionais (no caso, para diferenciar a separação do grupo IV e do grupo III, ambos como sulfetos, mas grupo IV em meio ácido e grupo III em meio básico – conforme esquema de separação analítica de cátions apresentado na figura 8), princípio de Le Chatelier e precipitação em meio homogêneo. A discussão sobre a construção da rota coletiva prosseguiu então com a análise da solubilidade dos cátions e sua semelhança frente a determinados reagentes e ir compilando-os em grupos analíticos, até o momento da separação e identificação do ferro com tiocianato. Vale ressaltar que o teste do manganês foi apresentado de modo sucinto aos estudantes para que confirmassem sua ausência na água da cidade e atribuíssem ao ferro as alterações relatadas pelos personagens do vídeo. O foco da AOE não era detalhar a identificação do manganês, pelo fato deste possuir algumas especificidades (alterações nos estados de oxidação durante o processo de separação), que poderia acarretar um grande volume de conteúdos desnecessariamente.

4.4 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 4

No quarto encontro os estudantes foram novamente ao laboratório para realizar a análise da água e identificação do ferro, mas desta vez a partir da rota elaborada conjuntamente no terceiro encontro.

4.4.1 Episódio 6: Análise de Fe^{3+} em laboratório a partir da rota elaborada coletivamente

Este encontro foi interessante porque ficou explícito que os estudantes demonstraram estar conscientes dos objetivos de cada uma das suas ações ao longo da rota de análise, indicando que se apropriaram do princípio da marcha analítica. Tal fato pode ser observado em parte da discussão inicial realizada em conjunto com todos os grupos de estudantes antes de iniciarem seus trabalhos experimentais, a qual está transcrita a seguir e discutida posteriormente.

(171) P: *Acompanhem aí no procedimento que vocês anotaram. Nessa primeira etapa, nós temos que adicionar o quê mesmo?*

(172) Alunos: *O HCl.*

(173) Aluno D: *Sulfeto* (Falando a primeira sílaba mais vagarosamente, expressando incerteza).

(174) Vários alunos rapidamente o corrigem: *Não! HCl!!*

(175) Aluna M: *HCl, ouh, presta atenção!* (risos)

(176) P: *Isso! E por quê?*

(177) Aluno D: *Aé, é verdade, é verdade! Por causa dos cloretos...*

(178) Aluna M: *Pra precipitar os cloretos.*

(179) Aluna C: *Pra precipitar o grupo... É... Os cloretos lá... De prata...* (tentando se lembrar).

(180) Aluno R e aluna M ajudando a aluna C: *De mercúrio e de chumbo.*

(181) P: *Exatamente! Bom, então vocês vão pegar o ácido clorídrico que tá no kit experimental de vocês e vão adicionar na amostra, certo? E quanto à* (interrompida pela aluna L).

(182) Aluna L: *Mas, P, o de qual valor de concentração?*

Alunos aparentemente ainda não haviam pensado a esse respeito pelos olhares mais abertos com expressões de “é verdade, é mesmo”. Atentaram-se à fala da aluna L e direcionaram-se à pesquisadora aguardando a resposta.

(183) P: *Era sobre isso que eu ia falar agora! Vamos pensar então! Nós vamos colocar HCl pra poder formar os precipitados do grupo cinco, certo?! E consequentemente eliminar a possível interferência deles, pra gente chegar lá na frente na rota e poder fazer o teste do ferro com tiocianato tranquilamente. Bom, o que vocês acham melhor então? Usar um HCl mais concentrado ou menos concentrado?*

(184) Alunos: *Mais concentrado!*

(185) P: *Por quê?*

(186) Aluna M: *Por que se não vai ser igual o ácido acético...*

(187) P: *Igual o ácido acético?*

(188) Aluna M: *É... Que nem a gente viu que não dava muito pra dissolver o hidróxido de ferro com o ácido acético, porque tinha pouco... É... Pouco H^+ . E aí, se a gente usar o HCl menor concentrado... É, com menor concentração (risos rápidos), vai ter pouco H^+ também... E pouco Cl^- !*

Alunos com expressões de que concordavam com a aluna M, balançando a cabeça em sinal positivo enquanto ela explicava seu pensamento.

(189) P: *Isso mesmo! E além disso, a gente vai gastar menos reagente, né!? Porque se ele é mais concentrado, a gente consegue atingir o Kps do grupo cinco, dos cloretos do grupo cinco, mais rápido, usando aí um volume menor de reagente. A gente precisa levar isso em consideração também.*

Observa-se que quando são questionados sobre o primeiro procedimento da marcha analítica, todos respondem que consiste na adição de HCl. No entanto, o aluno D confunde-se inicialmente dizendo que deveria ser adicionado “*sulfeto*”. Esta fala do aluno D foi importante, ao passo que foi relativamente provocativa aos outros estudantes, que prontamente o retrucaram demonstrando certeza de que a adição de HCl seria o mais adequado. Retomamos novamente Vigotski (2007) que afirma que nosso desenvolvimento como homens se dá por meio de um processo sócio-histórico, na interação com o outro, e que o mesmo se dá com a aprendizagem. E Moura (2010) reforça-nos a importância do coletivo como essencial no processo de ensino e aprendizagem. Observamos que o aluno D pôde reorganizar seu pensamento a partir da fala de seus colegas. Exprime que percebeu sua confusão quando aborda em sua fala (177) o objetivo da adição do HCl: “*Aé, é verdade, é verdade! Por causa dos cloretos...*”. Sua fala e as falas posteriores dos outros estudantes (178, 179 e 180), apontam que estavam conscientes dos objetivos dos procedimentos que desempenhariam no laboratório. Estas falas nos fornecem indícios de que as razões dos procedimentos experimentais estavam consolidadas no pensamento dos estudantes, uma vez que são as manifestações externas que nos mostram indícios das manifestações internas (LEONTIEV, 1978). Vale ressaltar que neste encontro estavam com um procedimento experimental em mãos, mas o mesmo havia sido discutido e elaborado com os estudantes no encontro anterior. Isso possivelmente contribuiu para que pudessem compreender o princípio da marcha analítica, os conceitos e os fenômenos envolvidos na análise qualitativa, promovendo uma maior articulação entre teoria e prática no pensamento dos estudantes. Esta observação confirma o que foi discorrido no item 4.2 desta dissertação acerca da importância da organização do ensino de modo a estimular os estudantes a pensar, a entrar em Atividade. Neste caso, contribuindo para desmitificar o caráter de memorização atribuído à disciplina de QAQ e realmente propiciar uma aprendizagem mais significativa aos estudantes, de modo a utilizar os conhecimentos adquiridos na mesma enquanto um instrumento de seu pensar para atuarem nas diversas situações cotidianas e profissionais que se depararem. Nesse sentido, a implementação da AOE (Moura, 2010) nas aulas de QAQ apresenta-se como vantajosa.

Outro aspecto importante de se notar neste episódio é que novamente a fala de um dos estudantes promoveu o desenvolvimento do pensamento dos outros a partir da mediação da pesquisadora. A fala (182) da aluna L exprimindo sua dúvida sobre qual a concentração do ácido a ser utilizada “*Mas, P, o de qual valor de concentração?*”, fez com que a aluna M realizasse alguns nexos em seu pensamento. A aluna M buscou os conhecimentos dos quais havia se apropriado sobre a dissolução do hidróxido de ferro com ácido acético (que havia sido discutido no encontro 3 por meio de uma dúvida de um dos estudantes) e a partir disso, ela elaborou em seu pensamento uma possível explicação (fala 188) para a opção de adicionar HCl **concentrado** para a precipitação do grupo V no início da marcha analítica. Por este nexo estabelecido pela aluna M em sua fala 188 vemos que alguns conceitos científicos foram internalizados por ela como a ionização dos ácidos, a necessidade de íons **livres** em solução para possibilitar a ocorrência de uma reação de precipitação, e a diferença entre a quantidade de H^+ liberada pelos ácidos fortes e pelos ácidos fracos.

Ao final desta discussão, foi possível por meio da mediação da pesquisadora atentá-los para a importância da predição do volume de reagente a ser utilizado para o fim requerido de acordo com a sua concentração. A fala 189 da pesquisadora “*a gente vai gastar menos reagente*” foi realizada para suscitar esta reflexão sobre a importância das estimativas de volume de reagentes para a ocorrência de reações.

Ao final deste encontro todos os grupos encontraram ferro e nenhum deles encontrou manganês, como era previsto.

4.5 Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água” – Encontro 5

4.5.1 Episódio 7: Encerramento da Atividade Orientadora de Ensino “Investigando a qualidade da água”

Neste encontro de encerramento o vídeo produzido sobre o noticiário da cidade abordando as problemáticas da água da cidade foi assistido novamente para relembrar com os estudantes as observações retratadas pelos moradores da cidade: roupas amareladas, entupimento dos canais de irrigação e pH abaixo da normalidade.

Um dos pontos mais importantes deste encontro foi a retomada da especificidade do teste do ferro com o tiocianato, conforme discussão transcrita a seguir e discutida posteriormente.

(190) P: *Pessoal, lembra que a gente ia conversar de novo sobre o teste do ferro?! Sobre aquela história de poder fazer ou não a análise do ferro no início da rota?* (Enfatizando a palavra “início”).

Estudantes sinalizam com a cabeça positivamente.

(191) P: *Então, olha só que engraçado: lááá no primeiro encontro cada grupo propôs uma rota diferente e depois fez a análise no laboratório pra ver se o problema era mesmo o ferro na água, não foi!? Aí, depois a gente montou uma rota juntos e também fez a análise no laboratório, não foi isso?! E a parte engraçada da história é que cada um dos grupos elaborou uma rota diferente e a nossa rota coletiva também foi diferente e em toodos os casos, o resultado foi positivo pro ferro! Independente da rota que a gente seguiu com a amostra, a gente conseguiu identificar o ferro! E aí!? O quê que a gente consegue concluir com isso?*

Estudantes novamente movem a cabeça em sinal positivo e aparentam estar pensativos sobre a pergunta.

(192) P: *Vamos lá... Todo mundo, independente da rota que seguiu, conseguiu encontrar o ferro, não foi? Porque conseguiu obter o complexo vermelho com tiocianato, não é? Então, o quê que isso pode indicar pra gente sobre o teste do ferro?* (Falando devagar).

(193) Aluna A: *Que não tinha interferentes?*

(194) Aluno D: *Que têm vários meios pra chegar?*

(195) P: *Que têm vários meios pra chegar...? Hum... (Momento de silêncio, pesquisadora pensativa) Vamos pensar justamente nisso... Que teria vários meios pra gente conseguir chegar “no ponto” de fazer o teste do ferro... (Sinalizando as aspas*

com as mãos). *Hum... Deixa eu ver como perguntar...* (Momento de silêncio, pesquisadora pensativa novamente) *É. Olha só, nós vimos que há uma sistemática pra gente conseguir fazer a marcha analítica: primeiro separa grupo cinco, depois o quatro, três e assim por diante, não é?! Pra garantir que não vai ter interferente no teste que a gente quer realizar. Ok. Bom, vocês montaram, cada grupo, uma rota diferente, certo?! Vocês tiveram ideias muito boas pra montar as rotas, mas nenhum grupo conseguiu elaborar a rota da marcha analítica perfeita, certinha, é claro... Como era esperado. Aí então, vocês não tinham a garantia na rota de vocês de que todos os possíveis interferentes tinham sido eliminados, concordam?*

Alunos atentos à explicação e sinal positivo com a cabeça de que concordavam.

(196) P: *Maaaas, ainda assim os três grupos conseguiram ter resultado positivo pro teste do ferro com tiocianato!* (Enfatizando o “ainda assim”). *Pensando nisso tudo, o que a gente pode dizer sobre o teste do ferro então?*

(197) Aluna St: *Que o tiocianato se for colocado direto na solução inicial, já fica vermelho, porque ele sobrepõe qualquer outro...?*

(198) Aluno D: *Que ele é bem característico.*

(199) P: *Ótimo! O teste do ferro então é extremamente específico!*

(200) Aluna C: *Mas e o cobalto?*

(201) P: *Bem lembrado! O tiocianato forma um complexo com o cobalto também, só que ainda assim, forma mais fácil o complexo com o ferro... Tanto é que quando você quer identificar cobalto na presença de ferro, você tem que usar fluoreto. Aí você consegue mascarar o ferro: ele vai ficar lá ligado no complexo com fluoreto e o tiocianato fica “desimpedido”, ou seja, livre em solução, para reagir só com o cobalto, certo?* (Sinal de aspas com as mãos).

(202) Aluna C: *Hum, entendi!*

(203) P: *Então, é exatamente isso, né? O teste do ferro é bem específico e apesar das várias rotas que a gente propôs, a gente observa que, se a gente simplesmente fizer direto o teste com o tiocianato, consegue descobrir se tem ferro ou não na amostra, desde que??* (Enfatizando muito o termo “desde que”).

(204) Aluna A: *A gente use o reagente certo?*

(205) Aluna C: *É o pH, não é?*

-
- (206) P: *O quê que a gente vai formar com o tiocianato?*
- (207) Alunos: *Tiocianato de ferro.*
- (208) P: *Isso, o complexo vermelho do tiocianato com o ferro. Então, qual a condição pro ferro reagir? A gente precisa ter o ferro em que forma?*
- (209) Aluno D e Aluna C: *Íon, né?*
- (210) Aluna C: *Com HCl.*
- (211) P: *Isso, exatamente, e porque que a gente coloca HCl?*
- (212) Aluna M: *Por ele ser um ácido forte ele vai dissociar em H^+ e Cl^- , aí ele consegue... Dissol...*
- (213) Aluna C: *Como é hidróxido de ferro que podia ter por causa da água, então o H^+ poderia se ligar com o OH do ferro... Na verdade... Precisaria de 3 H^+ , né? E aí formando água e deixando o ferro livre.*
- (214) P: *Muito bom, isso mesmo, meninas! Então, na verdade o que precisa, é usando o ácido, liberar esse íon pra que ele fique disponível ali na solução, pra conseguir reagir com o tiocianato, já que o teste do ferro é bastante específico! Ou seja, podemos fazer o teste do ferro, em específico, direto na amostra, logo no início da análise. Se a gente simplesmente conseguir dissolver o hidróxido de ferro, com ácido no caso, e adicionar o tiocianato, já dá pra saber se tem ferro ou não, certo!? Só ressaltando que é interessante que... É interessante que vocês utilizem a marcha analítica mesmo pro ferro, e que para a análise dos outros cátions, ela é im-pres-cin-dí-vel, certo!?*

No primeiro encontro os estudantes foram questionados sobre o procedimento que poderiam realizar para analisar e identificar o ferro como íon responsável pelas alterações observadas na água da cidade. Comentaram sobre a existência deste teste do ferro com o tiocianato, o qual origina um complexo vermelho. Tal informação aparentava estar bem fundamentada no pensamento dos estudantes como solução da situação desencadeadora de aprendizagem. Foram induzidos a pensar sobre a ocorrência de possíveis reações paralelas com outras espécies que poderiam estar presentes na água, para que assim pudessem construir o princípio da marcha analítica. No encontro 3, a partir da dúvida do aluno R sobre o momento da rota em que as meninas do grupo 2

havia realizado o teste do ferro (falas 142 a 144), foram levados sutilmente a repensar sobre a especificidade do teste. Os estudantes foram avisados naquele momento que discutiríamos posteriormente (naquele momento, o objetivo era desenvolver o princípio da marcha analítica). De fato retomamos novamente a questão da especificidade do ferro neste último encontro e por meio da mediação da pesquisadora durante as discussões foi possível fazer com que os estudantes reconstruíssem em seu pensamento os nexos sobre isso. As falas 191, 192, 195 e 196 da pesquisadora foram proferidas com o intuito de orientar o pensamento dos estudantes para o quão específico é o teste do ferro com tiocianato. Buscou-se a construção deste pensamento (especificidade do teste) conduzindo-os a se atentar que mesmo que tivessem elaborado rotas completamente diferentes e que essas rotas não garantiam perfeitamente a ausência dos possíveis interferentes, ainda assim em todas elas obteve-se resultado positivo para o ferro. Dessa forma, não há interferentes no teste do ferro com tiocianato. Sendo assim, seria desnecessário, neste caso, todo o procedimento de separação prévia dos grupos analíticos à identificação do íon de interesse. Concluindo que o teste pode ser realizado diretamente na amostra, logo no início da rota, apenas sendo necessária a presença do ferro como íon na solução (Fe^{3+}). Durante a mediação inicial (falas 191 e 192) da pesquisadora sobre esse aspecto, a fala 193 da aluna A “*Que não tinha interferentes?*” aponta que o princípio geral da marcha analítica foi internalizado, ou seja, que é preciso isolar o íon de interesse (separando-o dos demais) para garantir que nenhuma reação paralela aconteça e leve a um resultado falso positivo. Como a pesquisadora percebeu que ainda não haviam sido suficientes suas intervenções para que os estudantes construíssem em suas mentes o caráter específico do teste do ferro com tiocianato, continuou (falas 195 e 196) buscando organizar seu próprio pensamento e encontrar na linguagem a melhor forma de conduzi-los ao objetivo em questão. Interessante destacar que este não foi um processo simples e imediato à pesquisadora, uma vez que há pausas em sua fala (195) e também quando comenta “*Hum... Deixa eu ver como perguntar...*”. Observa-se que o processo de ensino e aprendizagem promove mudanças tanto no estudante quando no professor, ambos entram em Atividade (MOURA, 2010). Ao atuar como mediador deste processo, o professor se desenvolve constantemente. Deve buscar o tempo todo, captar e identificar nas falas e nas expressões dos estudantes o

movimento de seus pensamentos, para que, a partir deles possa prosseguir sua mediação em direção da compreensão do fenômeno e construção do conceito que se objetiva. Reforça-se inclusive a importância de se organizar o ensino de modo que, promova a interação entre os sujeitos participantes do mesmo, e que permita que os estudantes tenham voz e sejam ativos para que o professor perceba o movimento de aprendizagem e faça as intervenções necessárias. A organização do ensino baseado na AOE possibilita isso, fazendo com que estudante e professor atinjam um conhecimento de qualidade nova.

Observa-se que após a segunda parte da intervenção da pesquisadora (fala 195 e 196) os estudantes compreenderam a especificidade do teste. Na fala da aluna St 197 e na fala do aluno D 198, quando utilizam as expressões “*sobrepõe qualquer outro*” e o “*bem característico*” o fazem no sentido de indicar a especificidade do teste do ferro. Após concluir esta etapa juntamente com os estudantes “*Ótimo! O teste do ferro então é extremamente específico!*” (fala 199), a aluna C levanta um questionamento interessante. Sua dúvida é com relação à formação de complexo de cobalto com tiocianato. Cabe salientar que na época em que foi realizado o encontro 5 com os estudantes, o conteúdo referente ao grupo III já havia sido ministrado na disciplina de QAQ e a aluna C relacionou o conhecimento adquirido na disciplina com os conhecimentos em construção durante a AOE. Mais uma vez observa-se que o processo de construção do conhecimento ocorre estabelecendo-se os nexos cognitivos (VIGOTSKI, 2007). Assim, prontamente questionou a pesquisadora sobre a possibilidade de formação de complexo entre cobalto e tiocianato colocando à prova a especificidade do teste do ferro abordada. Tal fato novamente provoca reflexões acerca do papel do professor no processo de ensino e aprendizagem no que concerne à sua preparação prévia ao desenvolvimento de suas atividades educativas. A pesquisadora pôde solucionar esta dúvida da aluna C devido aos estudos de conteúdos específicos da área e às reuniões realizadas junto à orientadora nas quais os mesmos eram discutidos. Caso esta dúvida da aluna C não fosse solucionada, uma alternativa seria propor a investigação coletiva da questão, sendo protelada a solução do problema. Vale ressaltar que é bastante improvável que uma só pessoa, o professor no caso, domine todo o arcabouço teórico referente a uma determinada temática, mas ele precisa sempre estar

em busca de aprimorá-lo e em constante processo de aprendizagem. Na perspectiva histórico-cultural, esse é o movimento dialético que nos constitui enquanto homens e propicia o desenvolvimento de nossas funções psicológicas superiores. Assim, conforme Moura (2010), o processo de ensino e aprendizagem promove o desenvolvimento mútuo entre professor e estudante.

Para enriquecer a discussão, foi comentado que quando se requer identificar cobalto com tiocianato (composto de coloração azul) em uma amostra que contenha ferro, o procedimento indicado é adicionar inicialmente íons fluoreto (F^-) para que os mesmos possam reagir preferencialmente com o ferro. Posteriormente, deve-se adicionar o tiocianato, assim eliminando a interferência do ferro no teste do cobalto. O teste com tiocianato é específico para o ferro, mas não para o cobalto. As reações estão apresentadas a seguir:

Foi também discutido com os estudantes que devido a essa especificidade do teste do ferro com tiocianato, este teste poderia ser realizado diretamente em uma amostra. Assim, se as alunas do grupo 2 o tivessem realizado no início da rota também obteriam resultado satisfatório, sendo necessário apenas satisfazer uma condição fundamental: que o ferro se apresentasse na forma iônica Fe^{3+} (ou seja, livre em solução). Os próprios estudantes então concluíram que essa condição poderia ser alcançada adicionando-se HCl na amostra para garantir a solubilização do composto de ferro – $Fe(OH)_3$.

Em seguida, foi apresentada aos estudantes, ainda neste encontro, uma amostra real de água coletada em um apartamento do centro da cidade de Ribeirão Preto, cujas tubulações continham ferro em sua composição. O objetivo era fazê-los relacionar os conhecimentos construídos ao longo da AOE no que diz respeito ao teste do ferro com uma amostra que possuía as mesmas características daquela relatada pelos personagens do vídeo. Segundo relatos da moradora, as roupas adquiriam coloração amarelada se

lavadas com o primeiro jato de água da torneira após um tempo sem uso do apartamento. Ao serem questionados acerca das características físicas da amostra real de água, os estudantes utilizaram o termo “*precipitado*”, um conceito científico, para designar a presença dos aglomerados de partículas sólidas presentes na amostra, não mais lançando mão dos conceitos emergidos do cotidiano: “*sujeiras*” e “*pedacinhos*”, como o fizeram no encontro 3.

Os estudantes concluíram pelas evidências que possivelmente também seria a presença de ferro na água que ocasionaria aquelas alterações. Diante do que havia sido discutido acerca da especificidade do teste do ferro com tiocianato, ou seja, que bastando a presença de íons Fe^{3+} livre em solução seria possível a formação do complexo vermelho característico – $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$; foi realizada a análise da amostra em sala de aula. A aluna M e a aluna C realizaram o procedimento experimental, e os outros estudantes acompanharam-nas comentando que deveriam adicionar inicialmente HCl para dissolver o precipitado existente e em seguida adicionar o tiocianato. Obtiveram resultado positivo.

Foi discutida com os estudantes, a partir da análise citada, a natureza do precipitado presente na água. O objetivo foi promover o movimento concreto - abstrato - concreto (ROSA, 2012) dos conceitos abordados durante os encontros da AOE. Partiu-se do problema da água observado pelos moradores da cidade, posteriormente foram levantadas hipóteses e investigada a causa (hidrólise do ferro) do problema, e por fim, buscando relacionar os conhecimentos químicos discutidos durante a investigação, retornou-se às evidências do problema. Foi possível relacionar com os estudantes que a coloração amarelada das roupas relatada pelo morador se devia à coloração do composto $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado na reação de hidrólise do ferro; que o entupimento dos canais de irrigação relatado pelo zelador da praça central ocorria por conta do $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado encontrar-se no estado sólido (precipitado); e que o pH estava abaixo da normalidade, segundo relato do químico da estação de tratamento, por conta da liberação de íons H^+ na reação de hidrólise.

Observa-se que durante toda a AOE este movimento de ir e vir abarcado em uma dimensão mais ampla, pelo problema da água da cidade e posteriormente, pela especificidade do teste do ferro, foi importante para possibilitar a internalização dos

conceitos relacionados à QAQ e do princípio fundamental da marcha analítica. Apontando, assim, a natureza dialética do processo de construção do conhecimento.

Para finalizar o encontro e a AOE, aspectos mais abrangentes envolvidos na problemática apresentada foram discutidos com os estudantes como os riscos à saúde dos moradores e as medidas para remediação do problema. Questionamento no coletivo como “esta água pode acarretar prejuízos para a saúde dos moradores?” foi contraposto com “a utilização de águas ferruginosas para fins medicinais”. Os próprios estudantes concluíram que seria necessária uma avaliação mais criteriosa em termos quantitativos para determinar a concentração de ferro presente na água e comparar com os limites diários permitidos ao organismo humano para inferir se a saúde dos moradores estaria exposta a algum risco utilizando aquela água. E com relação à remediação do problema sugeriram que a estação de tratamento adicionasse sulfato de alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; como agente floculante para decantar o precipitado de $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Foram então questionados acerca do pH da água após adição do sulfato de alumínio, uma vez que o íon Al^{3+} hidrolisa, assim como o ferro, liberando H^+ diminuindo o pH. Por meio de nexos que puderam realizar entre a reação de hidrólise do ferro e a reação de hidrólise do alumínio, previram que haveria uma diminuição do pH. Assim, haveria a necessidade de ajustá-lo. Os estudantes sugeriram a adição de uma base para neutralizar a água. Foi discutido com os mesmos que o procedimento geralmente utilizado é a adição de carbonato de sódio – Na_2CO_3 , também conhecido como *barrilha*. Os íons carbonato irão reagir com os íons H^+ , podendo assim aumentar o pH favorecendo o processo de floculação – formação do $\text{Al}(\text{OH})_3$. As reações envolvidas neste processo estão apresentadas a seguir.

Houve a preocupação em se tecer, em um constante devir, as relações entre os aspectos sociais e fenomenológicos com o conhecimento químico, com o intuito de explorar diversos aspectos presentes nas múltiplas facetas da totalidade, buscando assim suscitar constantemente as relações entre as partes e o todo, uma vez que estas não podem ser consideradas elementos estratificados e isolados dessa totalidade (FRIGOTTO, 2001).

Neste encontro de encerramento da AOE, observou-se que o processo de construção do conhecimento e, por conseguinte, o desenvolvimento dos estudantes ocorre de maneira significativa quando proposta uma situação desencadeadora de aprendizagem onde há necessidade de resolução de uma problemática coletiva. Para que possa ser estudada, devem-se levar em consideração as múltiplas interações entre os fatos que se apresentam na realidade como um todo. Os estudantes se mobilizaram para buscar ações e transformar as mesmas em operações para solucionar o problema apresentado. Desta maneira, pode-se dizer que a AOE configurou-se como um instrumento interessante que propicia o desenvolvimento dos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, potencializando a eficácia da aquisição do conhecimento por parte dos estudantes.

CAPÍTULO 5 A: CONCLUSÕES

Posta a dificuldade de apreensão do objeto de pesquisa deste trabalho, ou seja, a apreensão do processo de construção do conhecimento dos estudantes na disciplina de QAQ, a AOE apresentou-se como um recurso de pesquisa interessante para de fato colocá-lo em um movimento relativamente acessível e permitir indícios do processo de construção de conhecimentos dos estudantes na disciplina de QAQ. A AOE “Investigando a qualidade da água” desenvolvida sobre a problemática da água da cidade possibilitou relacionar com os estudantes que a coloração amarelada das roupas relatada pelo morador se devia à coloração do composto $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado na reação de hidrólise do ferro; que o entupimento dos canais de irrigação relatado pelo zelador da praça central ocorria por conta do $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado encontrar-se no estado sólido (precipitado); e que o pH estava abaixo da normalidade, segundo relato do químico da estação de tratamento, por conta da liberação de íons H^+ na reação de hidrólise. Segundo os pressupostos da AOE, podemos dizer que a AOE desenvolvida reproduziu através da história virtual do conceito a necessidade que levou a humanidade a apropriar-se do princípio envolvido na marcha analítica. A AOE possibilitou obter indícios de que os estudantes internalizaram esse princípio geral de separação da marcha analítica a partir da discussão sobre a especificidade do teste de ferro (III) com tiocianato e do conceito de solubilidade.

A situação desencadeadora de aprendizagem permitiu questionamentos coletivos e discussões entre os estudantes. Verificou-se que há assim um estímulo intrínseco ao processo, o qual fez com que os estudantes construíssem os conceitos almejados. Foi possível verificar um movimento no processo de construção de conhecimentos na disciplina de QAQ concernentes à temática “equilíbrio químico em soluções aquosas” como solubilidade, reagentes de grupo, pH, reações de hidrólise, o fenômeno de interferência, o controle das condições reacionais, a especificidade do teste do ferro com tiocianato, precipitação quantitativa e o princípio fundamental da marcha analítica.

Por meio dos indícios levantados nesta pesquisa, verificou-se que o processo de construção do conhecimento é um processo sócio-histórico, dado através da interação com outros seres. *“Interior por natureza, mas exterior por manifestação”* (VIGOTSKI, 2009), sendo assim, a linguagem foi de suma importância nesse processo uma vez que o pensamento dos estudantes se materializou na palavra. As palavras e expressões utilizadas pelos alunos ao longo da atividade possibilitaram perceber o movimento de apropriação dos conhecimentos na disciplina de QAQ. Este ocorreu por meio das associações (nexos) que os alunos realizaram entre conhecimentos diversos e os sentidos atribuídos por eles se desenvolveram durante o processo. O processo de construção do conhecimento se deu em um constante movimento dialético entre a realidade concreta e as abstrações. Os conceitos espontâneos e os conceitos científicos foram construídos por meio deste mesmo movimento. O processo de construção do conhecimento foi possibilitado por meio das interações entre os sujeitos, em uma dimensão intersíquica para intrapsíquica.

Além disso, também foi possível reforçar a função crucial desempenhada pelo professor: a de mediador do processo de ensino e aprendizagem. Foi importante buscar perceber nas falas e nas expressões dos estudantes o movimento da aprendizagem para atuar na ZDP, para que pudessem se apropriar de conhecimentos alocados no NDP. Observou-se o quão importante é a preparação prévia do professor ao desenvolvimento de suas atividades educativas para atuar como mediador e de fato orientar o processo.

Observou-se que a AOE “Investigando a qualidade da água” é uma atividade que apresenta potencial para ser desenvolvida nas aulas iniciais da disciplina de QAQ, proporcionando que os estudantes se apropriem do pensamento estruturante da marcha analítica, essencial para a compreensão e estudo do conteúdo da disciplina. Na fase de estruturação desta AOE encontrávamos em um momento de apropriação da referida metodologia. Contudo, hoje julgamos extensa a carga horária desta AOE, podendo a mesma ser reduzida e adaptada para se adequar à carga horária da disciplina. Nesse sentido, excertos das discussões foram selecionados para serem apresentados como resultados nesta pesquisa.

Pôde-se também inferir que a AOE configurou-se como uma ferramenta didático-metodológica muito interessante para o processo de ensino e de aprendizagem

em especial na disciplina de QAQ. Associações com a “água da cidade” pelos estudantes participantes da pesquisa foram recorrentes durante as aulas experimentais de QAQ quando executadas análises de amostras desconhecidas. Os estudantes lembravam-se de possíveis ações a se realizar para dar sequência às suas análises e inferir sobre a composição das amostras. Índícios obtidos nesta pesquisa apontaram que a organização do ensino a partir da AOE leva a uma menor dependência dos estudantes pelos roteiros experimentais comumente fornecidos aos mesmos durante as aulas práticas de QAQ. Os mesmos podem atuar de forma mais reflexiva, cientes dos objetivos da investigação proposta, contribuindo para sua autonomia.

Vislumbra-se como perspectiva deste trabalho desenvolver AOE's mais curtas em projetos futuros para possibilitar que outros conceitos de QAQ sejam apropriados pelos estudantes. A organização do ensino de QAQ a partir de AOE's apresenta ser vantajosa, possibilitando uma sólida formação científica, pois permite que os estudantes internalizem a generalização contida nos conceitos e fenômenos químicos. Possibilita também uma formação mais abrangente, e que os estudantes possam aplicar o conhecimento científico construído, desenvolvendo a criticidade e reflexão acerca das problemáticas apresentadas, a diversas situações que forem se deparando, atendendo assim, às exigências dos PPPs e das DCNs para os cursos de graduação em Química. A AOE propicia o desenvolvimento humano, uma vez que promove a aquisição de conhecimento de qualidade nova tanto para o professor quanto para o estudante. Torna o estudante apto a relacionar em situações diversas os conhecimentos adquiridos, contribuindo para minimizar, quiçá excluir, a visão da QAQ enquanto uma Ciência baseada na memorização de uma infinidade de reações químicas, de procedimentos prontos e imutáveis.

Sabemos que as modificações curriculares necessárias na disciplina de QAQ apenas se iniciam com os resultados apresentados nesta dissertação. O estudo do processo de construção do conhecimento, objeto de investigação da presente pesquisa, fornecerá subsídios importantes para tais modificações. Visando o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem na disciplina de QAQ, já está contemplada a continuidade destes estudos a partir de dois projetos de mestrado em andamento. Um deles busca utilizar a AOE como ferramenta de inserção de mudanças didático-

metodológicas na disciplina. Um segundo projeto visa o estudo de instrumentos de avaliação condizentes com as necessidades da disciplina. Assim, espera-se propiciar a articulação entre o processo de construção do conhecimento dos estudantes na disciplina de QAQ, com as metodologias de ensino a ser inseridas na mesma e com a utilização de instrumentos de avaliação coerentes. Em uma dimensão mais ampla, esta articulação almejada nestes projetos, poderá fomentar modificações curriculares futuras nos cursos de Química, visto que possibilitará atribuir à disciplina de QAQ sua real importância no que concerne à formação dos estudantes de graduação desta natureza.

PARTE B

A inserção de íons de Terras Raras no processo de separação analítica de cátions

CAPÍTULO 1 B: INTRODUÇÃO

1.1 As Terras Raras e o atual contexto socioeconômico

No atual cenário sócio-econômico, as Terras Raras (TR) merecem grande destaque (EGGERT, 2011; MARTINS e ISOLANI, 2005) visto seus numerosos campos de aplicação (LOUREIRO, 1994) industrial como metalurgia, medicina, materiais ópticos, cerâmicas, vidros, fertilizantes, magnetos permanentes, sensores de oxigênio, entre outros. Podem-se destacar algumas aplicações relevantes na atual conjuntura sócio-econômica: as TR estão presentes nos catalisadores para “cracking” de petróleo, como magnetos em discos rígidos de microcomputadores e nas turbinas eólicas, nas baterias de carro elétrico (nickel metal hydride, NiMH), nas telas de televisão e lâmpadas fluorescentes como materiais luminescentes.

As suas características físico-químicas conferem às TR propriedades luminescentes, magnéticas e de supercondutividade (ABRÃO, 1994), portanto, configuram-se como um ramo promissor para o mercado mundial e de grande interesse econômico. Há grandes reservas mundiais destes elementos, sendo a China a detentora da maioria delas com centenas de milhões de toneladas (SERRA, 2011). Atualmente a China comercializa 95% das TR, controla custos e demandas das mesmas. Devido à emergente potencialidade de aplicações das TR, observam-se aumentos significativos nos valores de mercado destes compostos, tornando-os economicamente importantes. A tabela a seguir apresenta o preço médio anual para um padrão de 99% de pureza dos compostos de TR. Os preços foram cotados em US\$/kg e vale ressaltar que quanto maior a pureza dos óxidos e outras propriedades adicionais o preço será mais elevado do que este apresentado na tabela.

Tabela 2: Preço médio em dólares para um padrão de 99% de pureza dos compostos de TR.
Tabela extraída e adaptada de *lynascorp.com*.

Óxido de Terra Rara	2009	2010	2011	2012
La_2O_3	4,88	22,40	104,10	20,00
CeO_2	3,88	21,60	102,00	21,00
Nd_2O_3	19,12	49,50	234,40	105,00
Pr_6O_{11} ($\text{Pr}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{PrO}_2$)	18,03	48,00	197,30	110,00
Dy_2O_3	115,67	231,60	1449,80	1000,00
Eu_2O_3	492,92	559,80	2842,90	2020,00

São classificados como Terras Raras (IUPAC, 2011) os elementos desde o Lantânio (La, Z=57) ao Lutécio (Lu, Z=71), incluindo o Ítrio (Y, Z=39) e o Escândio (Sc, Z=21), apresentando-se quase sempre como íons trivalentes. Levam este nome, porém não são “terras” e nem são “raras”. Foram descobertas por Gadolin em 1794. A peculiaridade destes elementos é devido à presença de elétrons nos orbitais $4f$ que levam a configurações eletrônicas características. Devido à blindagem propiciada pelos elétrons nos orbitais $5s$ e $5p$, que provocam uma menor interação entre os elétrons f com os ligantes, resultam espectros eletrônicos com largura estreita das bandas (SHRIVER, 2006). A figura a seguir apresenta o espectro dos dois íons de TR (neodímio e praseodímio) que foram utilizados neste trabalho, os quais apresentam bandas muito mais estreitas quando comparados com outros três espectros de CoCl_2 , KMnO_4 , KCr_2O_7 .

Figura 11: Espectro UV dos íons em solução aquosa: cobalto II (violeta); permanganato (verde); dicromato (preto); praseodímio III (azul); neodímio III (vermelho).

Os níveis de energia dos estados excitados dos íons TR não são muito afetados pelo ambiente químico que o cerca, e desta maneira os estados excitados possuirão tempos de vida radiativo relativamente longos (transições proibidas) com emissões em comprimentos de onda bem definidos (BÜNZLI e CHOPPIN, 1989). Este é o caso do Eu^{3+} , cuja emissão mais intensa é situada no vermelho e do Tb^{3+} na região do verde. Devido a essas propriedades, os complexos de TR podem ser utilizados como substâncias fosforescentes em telas de TV, em monitores de computadores, em lâmpadas, etc.

O grande desafio que se apresenta é o processo de extração, purificação e separação das TR em compostos de elevada pureza, uma vez que é requerida uma tecnologia especializada (LUZ e LINS, 2008) e, além disso, estes processos podem provocar sérios danos ambientais.

As Terras Raras são consideradas hoje como elementos estratégicos, sendo crescente a sua valorização. Devido ao domínio econômico da China sobre as mesmas, indústrias como a Rhodia na França e a Hitachi no Japão já iniciaram o desenvolvimento de processos de reciclagem, abrindo novas perspectivas para o acesso às TR, contribuindo ao mesmo tempo para preservação dos recursos naturais (WASTE MANAGEMENT, 2011).

Em face desta grande importância conferida às TR atualmente e à necessidade de se conhecer a Química destes elementos, julga-se necessária a inserção e uma maior ênfase no estudo destes elementos nos cursos de graduação em Química, ressaltando que esse conteúdo ainda é pouco explorado no currículo desses cursos.

1.2 As Terras Raras e a disciplina de Química Analítica Qualitativa

A disciplina de Química Analítica Qualitativa é adequada para possibilitar o processo de ensino e aprendizagem de algumas propriedades das TR e despertar interesse pela temática. A disciplina de QAQ tem o objetivo de estudar os grupos de cátions e ânions que guardam entre si características e propriedades semelhantes e enfatiza a sistematização da separação e análise desses grupos. Ao final desta disciplina, almeja-se que o estudante seja capaz de compreender os princípios básicos envolvidos na teoria sobre “equilíbrio químico em soluções aquosas”, os quais são necessários à interpretação dos fenômenos que ocorrem nas diversas áreas da Química; bem como compreender as propriedades dos principais grupos de cátions e ânions e os fundamentos de separação e identificação desses grupos (marcha analítica). Por apresentar tais características, a disciplina de QAQ se mostra adequada para explorar as Terras Raras.

Para estudar os grupos de cátions nesta disciplina de forma sistematizada, os mesmos são divididos em 5 grupos de acordo com a classificação de BACCAN (1997), conforme explicitado no capítulo 2 da parte A desta dissertação.

Nesta dissertação pretendeu-se investigar a inserção dos íons de TR junto a um dos grupos de cátions, permitindo que algumas características e propriedades desta série sejam compreendidas no contexto da disciplina de QAQ, tanto no campo teórico quanto experimental. Para tanto, experimentos foram realizados para inserir dois íons representativos das TR (Pr^{3+} e Nd^{3+}) no grupo III por meio de uma adaptação da marcha analítica. Estes dois íons foram escolhidos devido à propriedade dos mesmos de formação de sais coloridos.

CAPÍTULO 2 B: METODOLOGIA

2.1 Preparo das soluções de NdCl_3 e PrCl_3 a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$

A solução de NdCl_3 foi preparada a partir de seu carbonato, no caso $\text{Nd}_2(\text{CO}_3)_3$, o qual foi previamente calcinado à 900°C durante 2 horas para reconversão em seu óxido (Nd_2O_3). Após ser resfriado em um dessecador, uma massa de 3,36g de Nd_2O_3 foi levada a aquecimento ($\sim 75^\circ\text{C}$), sob agitação constante na presença de HCl concentrado. O ácido foi adicionado até dissolução completa do sólido presente, e mantendo o aquecimento para eliminação do HCl através de evaporação, adicionando-se água desionizada várias vezes (evitando a secura) durante este processo até atingir $\text{pH} \sim 3$. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água desionizada.

O procedimento para o preparo da solução de PrCl_3 foi o mesmo descrito acima para o caso da solução de NdCl_3 , ressaltando que foi utilizada uma massa referente à 3,40g do óxido de praseodímio (Pr_6O_{11}).

2.2 Separação dos íons Nd^{3+} e Pr^{3+} na marcha analítica

Para execução dos testes das reações de separação dos íons TR na marcha analítica, foi utilizada uma mistura contendo cátions do grupo I, II e III e Nd^{3+} . Esta mistura foi preparada com 5 gotas de cada uma das soluções dos cátions do grupo III, II e I a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ – $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, FeCl_3 , CaCl_2 , MgCl_2 , BaCl_2 , KNO_3 , NaCl , NH_4Cl ; e 5 gotas da solução de NdCl_3 .

Para iniciar a separação a partir do grupo III preparou-se uma solução tampão $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ com 10 gotas de HCl a 6 mol.L^{-1} e em seguida foi adicionada NH_3 a 6 mol.L^{-1} gota a gota até o meio ficar alcalino ($\text{pH} \sim 9$). Um excesso de NH_3 a 4 mol.L^{-1} foi adicionado (~ 3 gotas) para garantir a formação dos amin-complexos: $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Assim, ocorreu precipitação dos hidróxidos $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e

MnO(OH)₂ e Nd(OH)₃ – (ppt 1). Posteriormente, foram adicionadas cerca de 5 gotas de NaOH a 4 mol.L⁻¹ provocando a dissolução do Al(OH)₃ na forma de [Al(OH)₄]⁻. A mistura foi submetida à centrifugação para separar o precipitado do sobrenadante. O precipitado contendo Fe(OH)₃ e MnO(OH)₂ e Nd(OH)₃ foi separado em 3 tubos de ensaio diferentes para identificação de cada um dos cátions separadamente:

Tubo 1: Identificação do Ferro

Algumas gotas de HCl foram utilizadas para dissolução inicial do precipitado e posteriormente, sua identificação foi realizada com SCN⁻ por meio da formação de um complexo solúvel de ferro de coloração vermelho-sangue característica.

Tubo 2: Identificação do Manganês

Foram adicionadas algumas gotas de H₂SO₄ concentrado e uma ponta de espátula de KIO₄. A solução foi levada diretamente à chama. A formação de uma solução violeta característica do MnO₄⁻ indicou a presença de íons Mn²⁺.

Tubo 3: Identificação da Terra Rara (Nd³⁺)

Para identificação do íon Nd³⁺ foram adicionadas 10 gotas de H₂C₂O₄ a 0,2 mol.L⁻¹, ocorrendo a formação de um precipitado cristalino de coloração lilás indicando a presença deste íon. A coloração lilás é característica do Nd₂(C₂O₄)₃.nH₂O. As reações envolvidas estão apresentadas a seguir:

Todo o procedimento foi repetido para uma mistura contendo cátions do grupo I, II e III e Pr^{3+} . O precipitado final obtido para o caso do praseodímio é de coloração verde-clara característica do $\text{Pr}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

O esquema do procedimento de separação da TR a partir do grupo III está indicado na figura a seguir.

Figura 12: Esquema do procedimento de separação da TR na marcha analítica a partir do grupo III.

CAPÍTULO 3 B: RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Separação dos íons Nd^{3+} e Pr^{3+} na marcha analítica

Uma vez que os óxidos de TR possuem a propriedade de adsorver CO_2 e assim converterem-se em oxi/carbonatos mistos, assumem composição pouco definida, dessa forma é necessário convertê-los nos óxidos correspondentes.

As soluções de NdCl_3 a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ e PrCl_3 a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ foram preparadas a partir dos Nd_2O_3 e Pr_6O_{11} sólidos. A dissolução dos óxidos foi feita com adição de HCl concentrado e o excesso de HCl eliminado cuidadosamente por evaporação, uma vez que o HCl é volátil, sem levar à secura, tendo em vista que poderá formar óxido novamente. Considera-se que a pH 3 temos em solução íons Nd^{3+} ou Pr^{3+} , prevenindo a respectiva hidrólise.

Conforme já discorrido neste trabalho, na Química Analítica clássica os cátions são organizados em 5 grupos analíticos de acordo com as suas similaridades. Cada um dos grupos possui um reagente de grupo com exceção daquele constituído pelos íons Na^+ , K^+ e NH_4^+ .

Através do estudo das propriedades em comum referentes a este conjunto de cátions, observou-se que as TR^{3+} poderiam ser incluídas na marcha analítica de separação dos grupos junto ao grupo III, pois precipitam como hidróxidos $\text{TR}(\text{OH})_3$ nas mesmas condições que os íons Fe^{3+} , Al^{3+} e Cr^{3+} a pH 9. A constante de produto de solubilidade (Kps) dos $\text{TR}(\text{OH})_3$ são da mesma ordem de grandeza dos hidróxidos de alguns cátions do grupo III (hidróxido de alumínio), conforme observado na tabela a seguir.

Tabela 3: Produtos de solubilidade de alguns hidróxidos calculados a partir do pKps (ABRÃO, 1994).

Hidróxido	K _{ps}
Al(OH) ₃	4,0 . 10 ⁻²¹
Fe(OH) ₃	7,9 . 10 ⁻³⁷
Nd(OH) ₃	3,1 . 10 ⁻²¹
Pr(OH) ₃	1,6 . 10 ⁻²¹
Eu(OH) ₃	1,2 . 10 ⁻²³

Para separar os íons TR³⁺ dos cátions do Grupo III, podem ser dissolvidos com ácido clorídrico e em seguida, com adição de ácido oxálico, formam, no caso do íon Nd³⁺, um precipitado cristalino lilás de Nd₂(C₂O₄)₃ e verde claro no caso do íon Pr³⁺ de Pr₂(C₂O₄)₃, os quais são pouco solúveis (ABRÃO, 1994), ao passo que o íon Fe³⁺ também presente nesta etapa complexa com o íon oxalato na forma solúvel de [FeC₂O₄]⁺. A separação entre os dois cátions torna-se possível devido à elevada constante de estabilidade (log K = 9,4) apresentada por este complexo de ferro III e oxalato (COLDCURE, 2011).

É possível a inserção dos estudos destes íons TR³⁺ ao longo da marcha analítica e a carga horária da disciplina não é alterada significativamente.

CAPÍTULO 4 B: CONCLUSÕES

Os experimentos de separação e identificação dos íons TR na marcha analítica apresentados nesta dissertação se mostraram satisfatórios e comprovaram a viabilidade da inserção destes elementos na marcha analítica. Desta forma, permitirá o estudo e compreensão de algumas características e propriedades desta série de elementos no contexto da disciplina de QAQ. Vale ressaltar que a inclusão destes elementos no currículo de QAQ não acarretará prejuízo de outros conteúdos, e nem acréscimo de carga horária na disciplina.

A inserção das Terras Raras na marcha analítica consistiu em um estudo inédito de construção de conhecimento na área específica de Química. Esta temática sobre Terras Raras representou uma parcela da pesquisa desenvolvida, mas contribuiu igualmente para minha formação, uma vez que me permitiu construir conhecimento na área específica de Química utilizando os princípios e teorias de equilíbrio químico.

Observou-se que o conhecimento construído nesta pesquisa acerca da inserção dos íons de Terras Raras na marcha analítica, confirmou que o conhecimento é fruto dos contextos sociais e históricos nos quais os homens encontram-se inseridos (LEONTIEV, 1978 e VIGOTSKI, 2007). Uma vez que o cenário mundial atual conferiu grande destaque às Terras Raras, houve/há a necessidade de maiores estudos sobre o assunto. Na busca por uma maior ênfase sobre o estudo desses elementos nos cursos de graduação em Química, a necessidade supracitada culminou na pesquisa por métodos de separação e identificação das TR na marcha analítica.

Conforme concluído na Parte A desta dissertação, a organização do ensino a partir da AOE configura-se como uma ferramenta metodológica em potencial para contribuir com a aprendizagem efetiva dos estudantes na disciplina de QAQ. Assim, visa-se como perspectiva futura, a elaboração de uma Atividade Orientadora de Ensino que possibilite a apropriação da temática Terras Raras pelos estudantes no contexto da referida disciplina. Também faz parte de projetos futuros a elaboração de materiais didáticos que possam fornecer subsídios para a mediação do professor no que concerne à separação e identificação das Terras Raras na marcha analítica, levando em

consideração que a mera reprodução de procedimentos experimentais sequenciados não contribui de modo significativo para a internalização dos conceitos químicos.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, A. *Química e tecnologia das Terras-Raras*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1994, n. 66, 212p. Série Tecnologia Mineral.

ABREU, D. G. de. Tratamento de resíduos químicos como recurso para a promoção da educação ambiental no ensino superior. 2003. 101p. Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. 2003.

ABREU, D. G. de; COSTA, C. R.; ASSIS, M. D.; IAMAMOTO, Y. Uma proposta para o ensino da química analítica qualitativa. *Química Nova*, v. 29, p. 1381-1386, 2006.

ALEXÉIEV, V. N. *Semimicroanálisis Químico Cualitativo*. URSS: Editorial Mir Moscú, 1975.

ALVIM, T. R.; ANDRADE, J. C. de. A importância da Química Analítica Qualitativa nos cursos de Química nas instituições de ensino superior brasileiras. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 168-172, 2006.

ALVIM, T. R.; ANDRADE, J. C. de. Química Analítica Básica: uma visão histórica da análise qualitativa clássica. Disponível em: <http://chemkeys.com/br/wp-content/themes/chemkeysbr/articleI.php?u=cWFiLTItDW1hLXZpc2FvLWhpc3RvcmljYQ==>. Acesso em: outubro, 2012.

ARAÚJO, E.S. *Mediação e aprendizagem docente*. In: Congresso Nacional de Psicologia Escolar e Educacional, IX, 2009, São Paulo - SP. Disponível em: http://www.abrapee.psc.br/documentos/cd_ix_conpe/IXCONPE_arquivos/26.pdf. Acesso em: novembro, 2012.

BACCAN, N. et al. *Introdução à Semimicroanálise Qualitativa*. 7ªed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1997.

BARD, A. J. *Equilíbrio Químico*. Trad. de Pacheco e Rico. Madrid: Harper & Row, 1970.

BECK II, C.M. Classical Analysis: a look at the past, present, and future. *Analytical Chemistry*, v. 66, n. 4, p. 224-239, 1994.

BRASIL. Lei 9394/96. 20 dez 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União de 31/12/1996. Brasília, DF. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Superior. Edital n. 04/97. Brasília, DF. 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Superior. Parecer CNE/CES n. 1303/2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Química. Diário Oficial da União de 07/12/2001. Brasília, DF: MEC/CNE, 2001.

BÜNZLI, J. C. G.; CHOPPIN, G.R. *Lanthanide Probes in Life, Chemical and Earth Sciences: Theory and Practice*. New York: 1989.

CARAÇA, B. de J. Estudo matemático das leis naturais. In: _____. *Conceitos fundamentais da matemática*. Lisboa: Gradativa, 2002. p. 101-117.

COLDCURE; http://coldcure.com/html/stability_constants.html. Acesso em: setembro, 2011.

CURTMAN, L. J. *Análisis Químico Cualitativo*. Espanha: Manuel Marin y Cía, 1959.

DUARTE, N. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev. *Caderno Cedes*, Campinas, v. 24, n. 62, p. 44-63, 2004.

EGGERT, R.G. Minerals go critical. *Nature Chemistry*, v.3, p. 688-691, 2011.

EL ANDALOUSSI, K. *Pesquisas-ações: Ciências, desenvolvimento, democracia*. Trad. Michel Thiollent. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

FREISER, H. Why teach Qualitative Analysis? *Journal of Chemical Education*, v. 34, n. 8, p. 387-380, 1957.

FRIGOTTO, G. O enfoque da dialética materialista histórica na pesquisa educacional. In: FAZENDA, I. (org). *Metodologia da pesquisa educacional*. 7ªed. São Paulo:Cortez, 2001.

GADOTTI, M. *Concepção dialética da educação: um estudo introdutório*. São Paulo: Cortez, 2006.

GIROUX, H.A. *Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem*. Trad. Daniel Bueno. Porto Alegre: Artmed, 1997. p.11-53.

HOVEY, N. W. The present and future of Qualitative Analysis. *Journal of Chemical Education*, v. 40, n. 8, p. 410-412, 1963.

IUPAC; http://oldiupac.org/reports/periodic_table/IUPAC_Periodic_Table-21Jan11.pdf. Acesso em: março, 2011.

KOLTHOFF, I. M. (1994). Analytical Chemistry in the USA in the first quarter of this century. *Analytical Chemistry, USA*, v. 66, n. 4, p. 241-249, 1994.

LEONTIEV, A.N. *O desenvolvimento do psiquismo*. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

_____. *Actividad, conciencia, personalidad*. Buenos Aires: Ciência Del Hombre, 1983.

_____. *Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil*. In: VIGOTSKI, L.S., LURIA, A.R., LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 5ª ed. São Paulo: Ícone, 2001.

LOUREIRO, F. E. de V. L. *Terras raras no Brasil: Depósitos, recursos identificados, reservas*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1994, n. 21, p. 03-09. Série estudos e documentos.

LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. *Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações*. 2ªed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 2008.

LYNAS; www.lynascorp.com. Acesso em: agosto, 2012.

MARTINS, T.S.; ISOLANI, P.C. Terras raras: aplicações industriais e biológicas. *Química Nova*, v.28, n. 1,p. 111-117, 2005.

MATHIAS, S. Cem anos de Química no Brasil. Texto publicado no Suplemento do Centenário do jornal *O Estado de São Paulo*, n. 6, São Paulo, p. 05-69, 8 fev. de 1975.

MOELLER, T.; O'CONNOR, R. *Ions in Aqueous Systems: an Introduction to Chemical Equilibrium and Solution Chemistry*. USA: McGraw-Hill, 1972.

MOURA, M. O (org). *A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural*. Brasília: Liber Livro, 2010.

MOURA, M. O. de. Pesquisa colaborativa: um foco na ação formadora. In: Raquel Lazzari Leite Barbosa (org.). *Trajetórias e perspectivas da formação de educadores*. 1ªed. São Paulo: UNESP, 2004. p. 257-284.

MOURA, M. O. de; SFORNI, M. S. de F.; ARAÚJO, E. S. Objetivação e apropriação de conhecimentos na atividade orientadora de ensino. *Revista Teoria e Prática da Educação*, v. 14, n. 1, p. 39-50, 2011.

NEVES, R. de A.; DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. *Unirevista*, v.1, n. 2, p.01-10, 2006.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO do curso de Licenciatura em Química. Instituto de Química e Biotecnologia. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, AL, 2007. 60p. Disponível em: <http://www.ufal.edu.br/estudante/arquivos/v1/prograd/cursos/campus-maceio/ppc-quimica-licenciatura.pdf>. Acesso em: outubro, 2012.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO do curso de Licenciatura em Química. Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, SP, 2013. 43p. Disponível em: <http://www.ffclrp.usp.br/graduacoes/quimica/licenciaturaemquimica.php>. Acesso em: outubro, 2012.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO do curso de Licenciatura em Química. Instituto de Química. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 43p. Disponível em: http://www.iq.ufu.br/sites/iq.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/LQ_ProjetoPedagogico_0.pdf. Acesso em: outubro, 2012.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO do curso de Licenciatura em Química. Universidade Federal de São Carlos – *campus* Sorocaba. Sorocaba, SP. 109p. Disponível em: http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/ppc_LICENCIATURA_QUIMICA.pdf. Acesso em: outubro, 2012.

RHEINBOLDT, H. O ensino superior da Química. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 125-128, 1951.

RIGON, A. J.; ASBAHR, F. S. F.; MORETTI, V. D. Sobre o processo de humanização. In: MOURA, M. O. de (org). *A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural*. Brasília: Liber Livro, 2010. p. 13-44.

ROSA, P. R. da S. *A Teoria de Vygotsky*. Capítulo V. Disponível em: http://www.dfi.ccet.ufms.br/prrosa/Pedagogia/Capitulo_5.pdf. Acesso em: outubro, 2012.

SCHROEDER, E.; FERRARI, N.; MAESTRELLI, S. R. P. *A construção dos conceitos científicos em aula de Ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento*. In: Encontro Nacional em Pesquisa em Educação em Ciências, VII, 2009, Florianópolis - SC. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/798.pdf>. Acesso em: novembro, 2012.

SENISE, P. A Química Analítica na formação do químico. *Química Nova*, p. 137-143, 1982.

SENISE, P. Reflexões sobre alguns aspectos da Química Analítica. *Química Nova*. p. 54-60, 1985.

SERRA, O. A. Rare Earths – Brasil x China. [Editorial]. *Journal. Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 5, p. 811, 2011.

SEVERINO, A. J. *Teoria e prática científica*. In: Severino Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 23ªed. São Paulo: Cortez, 2007. p. 99-126.

SFORNI, M. S. F. *Aprendizagem conceitual e organização do ensino: contribuições da teoria da atividade*. Araraquara: Junqueira Marin Editora, 2004.

SHRIVER, D. F. *Química Inorgânica*. 3ªed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SILVA, G. M. da; RETONDO, C. G. *Implantação do novo curso de Licenciatura em Química do Departamento de Química da FFCLRP/USP*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30ª, 2007, Águas de Lindóia – SP. Disponível em: www.sbq.org.br/30ra/Workshop%20FFCLRP%20USP.pdf. Acesso em: outubro, 2012.

SMOLKA, A. L. B. O (im)próprio e o (im)pertinente na apropriação das práticas sociais. *Cadernos Cedes*, ano XX, n. 50, p. 26-40, 2000.

STUBBS, M. F. Qualitative Analysis in the General Chemistry Program. *Journal of Chemical Education*, v. 36, n. 8, p. 387, 1959.

TOLMAN, C.W. O vocabulário básico da teoria da atividade. Tradução de Wellington Lima Cedro. In: TOLMAN, C.W. *The basic vocabulary of activity theory*. 1988. p. 14-20.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

VIGOTSKI, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução Paulo Bezerra. 2ªed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, L.S. *A formação social da mente*. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VOGEL, A. I. *Química Analítica Qualitativa*. 5ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

WASTE MANAGEMENT; http://www.waste-management-world.com/index/display/article-display/0327001718/articles/waste-management-world/recycling/2011/10b/Rare_Earths_to_be_Recycled_from_Magnets_in_France.htm 1. Acesso em: outubro, 2011.

ANEXO I

TEXTO: Efeitos e características de algumas substâncias em água

Bário

Os sais de bário são utilizados industrialmente na elaboração de cores, fogos de artifício, fabricação de vidro e inseticidas. A ingestão de bário pode causar sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos sanguíneos e sistema nervoso. É vaso constritor. A presença de bário em águas, em altas concentrações, pode representar poluição industrial.

Cádmio

Este metal apresenta alto potencial tóxico e nenhuma qualidade que o torne benéfico ou essencial aos processos vitais da natureza. Pesquisas mostraram que seu efeito é cumulativo, principalmente nos rins e fígado.

Amônia

Pode ser um constituinte natural de águas superficiais ou subterrâneas, resultante da decomposição da matéria orgânica. É nutriente potencial para algas e bactérias. Sua presença, dependendo da concentração, pode significar poluição de origem doméstica ou industrial.

Cálcio e Magnésio

A presença destes íons na água não tem significância sanitária, podendo ser prejudiciais no uso doméstico e industrial. A água que contém estes sais quando em contato com detergentes diversos, dificulta a formação de espuma pelos mesmos. Estão relacionados diretamente com a dureza da água, podendo provocar incrustações em chuveiros, tubulações, caldeiras, aquecedores residenciais de água. Sua precipitação é tradicionalmente reconhecida através dos depósitos brancos incrustados em chaleiras. Algumas águas minerais apresentam alto teor destes sais.

Chumbo

A presença de chumbo no organismo humano pode ser prejudicial para a saúde, ou mesmo letal. É cumulativo e provoca uma intoxicação crônica chamada de saturnismo. Sua presença na água está associada às atividades industriais como galvanoplastia e baterias. No Brasil, o Ministério da Saúde através da Portaria 36, estabeleceu o máximo de 0,05mg/L de Chumbo.

Cianeto

Sua presença em águas naturais é devida a despejos industriais. É muito tóxico e níveis de 1,0mg/L podem causar a morte de peixes em 20 minutos. Os níveis de cianeto nas águas podem ser reduzidos abaixo dos valores recomendados, através de um simples processo de cloração.

Cromo

Pode ocorrer em águas superficiais ou subterrâneas como consequência de despejos de curtumes, galvanoplastias, fabricação de tintas e explosivos, de indústria de cromatos e de circulação de água de refrigeração, onde é usado para o controle da corrosão. Sais de cromo hexavalente são considerados tóxicos.

Manganês

Manganês na forma Mn^{2+} é solúvel, mas se não for removido da água pode formar óxidos de coloração marrom-amarelados que alterarão as propriedades organolépticas da água.

Mercúrio

Após a contaminação com mercúrio orgânico na Baía de Minamata (Japão), onde intoxicou peixes e habitantes da região, provocando lesões neurológicas e até mortes, o mercúrio passou a ser considerado um dos metais mais perigosos quando da contaminação em recursos hídricos.

Ferro

É objetável nos sistemas públicos de abastecimento de água, devido ao sabor que provoca e sua propriedade em sujar os acessórios das canalizações, pode acumular-se no sistema de distribuição. Alguns processos industriais, principalmente aqueles que utilizam água para branqueamento, são muito sensíveis às concentrações de ferro. Este elemento confere a água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva. As águas ferruginosas permitem o desenvolvimento das chamadas ferro-bactérias, que podem ser encontradas na rede de distribuição, filtros ou poços artesianos. As ferro-bactérias, desde o início do seu desenvolvimento até a morte, transmitem à água, odores fétidos e cores avermelhadas, verde escura ou negra.

Nitrato e Nitrito

O nitrogênio apresenta-se na água em várias formas dependendo do nível de oxidação, sendo que o nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio (amônia oxida a nitrito que oxida a nitrato). Nitratos e nitritos podem causar problemas de ordem fisiológica, principalmente em crianças até 08 anos, que é a perda da capacidade de oxigenação do sangue (metemoglobinemia). Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal caracterizam poluição recente, enquanto a predominância de nitratos indicam poluição antiga, por serem o produto final de oxidação do nitrogênio.

Sulfatos

Podem originar-se de numerosas descargas industriais. As águas com altos níveis de sulfatos podem apresentar efeito laxativo característico do sulfato de sódio e de magnésio.

Cobre

Embora exista limite tolerável pela Portaria N. 36 do Ministério da Saúde, não existem efeitos tóxicos graves pela presença deste metal em águas de consumo quando for encontrado em baixas concentrações. O efeito mais conhecido do Cobre é a mancha azul-esverdeada deixada em louça sanitária quando for utilizada água aquecida em

caldeira e aquecedores a gás; normalmente estas águas depois de aquecidas transitam por uma tubulação de cobre. Com a ação do cloro presente nas águas de abastecimento público e muitas vezes pelo baixo pH, parte deste cobre é introduzido na água e acaba por provocar manchas de difícil remoção nas banheiras e outras louças.

Sódio

A concentração de sódio nas águas subterrâneas pode variar com a profundidade do poço e alcançar maiores concentrações do que nas águas superficiais. Pode ser oriundo de esgotos domésticos, efluentes industriais ou fontes naturais de sais de sódio. As restrições ao uso de águas com altas concentrações de sódio são para pessoas que sofrem de problemas renais, hipertensão, edemas associados com falha cardíaca congestiva. É necessário avaliar o nível de sódio em águas para consumo humano.

ANEXO II

Regras de Solubilidade para Compostos Inorgânicos	
Compostos Solúveis	Exceções
Compostos de elementos do Grupo I (metais alcalinos e íon amônio - NH_4^+)	Alguns compostos de Li^+ , KClO_4 e NH_4ClO_4
Cloreto (Cl^-), Brometo (Br^-) e Iodeto (I^-)	Hg_2^{2+} , Ag^+ e Pb^{2+}
Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-)	AgNO_2
Percloratos (ClO_4^-) e Cloratos (ClO_3^-)	KClO_4 e NH_4ClO_4
Sulfatos (SO_4^{2-})	Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Hg^{2+} , Ag^+ e Pb^{2+}
Tiocianatos (SCN^-) e Tiosulfatos ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)	$\text{Hg}_2(\text{SCN})_2$, $\text{Hg}(\text{SCN})_2$, Pb^{2+} e Ag^+
Acetatos (CH_3CO_2^-)	Hg_2^{2+} e Ag^+
Pernanganatos (MnO_4^-)	
Compostos Pouco Solúveis	Exceções
Sulfetos (S^{2-}), Selenetos (Se^{2-}) e Teluretos (Te^{2-})	Metais Alcalinos, NH_4^+ e Metais Alcalinos Terrosos
Óxidos (O^{2-}) e Hidróxidos (OH^-)	Metais Alcalinos, Ba^{2+} , Sr^{2+} e Ca^{2+}
Sulfitos (SO_3^{2-}), Arsenatos (AsO_4^{3-}), Arsenitos (AsO_3^{3-}), Boratos (BO_3^{3-}), Carbonatos (CO_3^{2-}), Ferrocianetos ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$), Ferricianetos ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$), Oxalatos ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) e Fosfatos (PO_4^{3-})	Metais Alcalinos e NH_4^+
Fluoretos (F^-)	Metais Alcalinos, Ag^+ , NH_4^+ e Li^+
Cromatos (CrO_4^{2-})	Metais Alcalinos, Cu^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+
Silicatos (SiO_3^{2-})	Metais Alcalinos

* Moderadamente Solúvel

Bibliografia:

Russel, J. B.; Química Geral, São Paulo; McGraw Hill do Brasil, 1981
 Atkins, P. and Jones, L. Chemistry: Molecules, Matter and Change; W.H. Freeman and Co., N. York; 2000
 T. Moeller and R.O'Connor "Ions in Aqueous Systems", MacGraw-Hill, New York, 1972.

ANEXO III

TABELA VIII.1. Solubilidade em Água dos Cloretos de Pb^{2+} , Ag^+ e Hg_2^{2+}

Cloreto	Solubilidade em gramas por litro à 25°C	Solubilidade em moles por litro
Hg_2Cl_2	0,00038	0,00000081
AgCl	0,00179	0,0000125
PbCl_2	11,0	0,0395

(BACAN, 1997)

ANEXO IV

Tabela: Constantes de produtos de solubilidade (K_{ps}) em água

Substâncias	K _{ps}
Mg(OH) ₂	5,61 x 10 ⁻¹²
Mn(OH) ₂	2 x 10 ⁻¹³
Fe(OH) ₃	2,79 x 10 ⁻³⁹
Al(OH) ₃	3,0 x 10 ⁻³⁴
Cr(OH) ₃	6,7 x 10 ⁻³¹
MnS	3 x 10 ⁻¹¹
NiS	4 x 10 ⁻²⁰
CoS	5 x 10 ⁻²²
ZnS	2 x 10 ⁻²⁵
SnS ₂	< 10 ⁻⁶⁰
Sb ₂ S ₃	5,0 x 10 ⁻⁵¹
Bi ₂ S ₃	1,6 x 10 ⁻⁷²
CdS	1 x 10 ⁻²⁷
CuS	8 x 10 ⁻³⁷
HgS	2 x 10 ⁻⁵³

ANEXO V

Hidrólise da tiocetamida

Equilíbrio do H_2S

ANEXO VI

TABELA DE CONSTANTES DE PRODUTO DE SOLUBILIDADE

COMPOSTO	FÓRMULA	Kps (25°C)
Acetato de prata (I)	AgCH ₃ COO	$1,94 \times 10^{-3}$
Carbonato de bário	BaCO ₃	$2,58 \times 10^{-9}$
Carbonato de cádmio	CdCO ₃	$1,0 \times 10^{-12}$
Carbonato de cálcio	CaCO ₃ (calcita)	$3,36 \times 10^{-9}$
Carbonato de cálcio	CaCO ₃ (aragonita)	$6,0 \times 10^{-9}$
Carbonato de chumbo (II)	PbCO ₃	$7,40 \times 10^{-14}$
Carbonato de cobalto (II)	CoCO ₃	$1,0 \times 10^{-10}$
Carbonato de estrôncio	SrCO ₃	$5,60 \times 10^{-10}$
Carbonato de ferro (II)	FeCO ₃	$3,13 \times 10^{-11}$
Carbonato de magnésio	MgCO ₃	$6,82 \times 10^{-6}$
Carbonato de manganês (II)	MnCO ₃	$2,24 \times 10^{-11}$
Carbonato de níquel (II)	NiCO ₃	$1,42 \times 10^{-7}$
Carbonato de prata (I)	Ag ₂ CO ₃	$8,46 \times 10^{-12}$
Carbonato de zinco	ZnCO ₃	$1,46 \times 10^{-10}$
Cloreto de chumbo (II)	PbCl ₂	$1,70 \times 10^{-5}$
Cloreto de mercúrio (I)	Hg ₂ Cl ₂	$1,43 \times 10^{-18}$
Cloreto de prata (I)	AgCl	$1,77 \times 10^{-10}$
Cromato de bário	BaCrO ₄	$1,17 \times 10^{-10}$
Cromato de chumbo (II)	PbCrO ₄	3×10^{-13}
Fluoreto de cálcio	CaF ₂	$3,45 \times 10^{-11}$
Fosfato de alumínio	AlPO ₄	$9,84 \times 10^{-21}$
Fosfato de amônio e magnésio	MgNH ₄ PO ₄	3×10^{-13}
Fosfato de cálcio	Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,07 \times 10^{-13}$
Fosfato de ferro (III) di-hidratado	FePO ₄ ·2H ₂ O	$9,91 \times 10^{-16}$
Fosfato de magnésio	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,04 \times 10^{-24}$
Hidróxido de alumínio	Al(OH) ₃	3×10^{-34}
Hidróxido de bário octaidratado	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	$2,55 \times 10^{-4}$

Hidróxido de cálcio	Ca(OH) ₂	$5,02 \times 10^{-6}$
Hidróxido de cobalto (II)	Co(OH) ₂ (azul)	$5,92 \times 10^{-15}$
Hidróxido de estanho (II)	Sn(OH) ₂	$5,45 \times 10^{-27}$
Hidróxido de ferro (II)	Fe(OH) ₂	$4,87 \times 10^{-17}$
Hidróxido de ferro (III)	Fe(OH) ₃	$2,79 \times 10^{-39}$
Hidróxido de magnésio	Mg(OH) ₂	$5,61 \times 10^{-12}$
Hidróxido de manganês (II)	Mn(OH) ₂	2×10^{-13}
Hidróxido de mercúrio (II)*	HgO	$3,6 \times 10^{-26}$
Hidróxido de níquel (II)	Ni(OH) ₂	$5,48 \times 10^{-16}$
Hidróxido de zinco	Zn(OH) ₂	3×10^{-17}
Perclorato de potássio	KClO ₄	$1,05 \times 10^{-2}$
Sulfato de bário	BaSO ₄	$1,08 \times 10^{-10}$
Sulfato de cálcio	CaSO ₄	$4,93 \times 10^{-5}$
Sulfato de chumbo (II)	PbSO ₄	$2,53 \times 10^{-8}$
Sulfato de estrôncio	SrSO ₄	$3,44 \times 10^{-7}$
Sulfeto de cádmio	CdS	1×10^{-27}
Sulfeto de chumbo (II)	PbS	3×10^{-28}
Sulfeto de cobalto (II)	CoS (alpha)	5×10^{-22}
Sulfeto de cobalto (II)	CoS (beta)	3×10^{-26}
Sulfeto de cobre (II)	CuS	8×10^{-37}
Sulfeto de ferro (II)	FeS	8×10^{-19}
Sulfeto de manganês (II)	MnS (rosa)	3×10^{-11}
Sulfeto de manganês (II)	MnS (verde)	3×10^{-14}
Sulfeto de mercúrio (II)	HgS (preto)	2×10^{-53}
Sulfeto de mercúrio (II)	HgS (vermelho)	2×10^{-54}
Sulfeto de prata (I)	Ag ₂ S	8×10^{-51}
Sulfeto de zinco	ZnS (alpha)	2×10^{-25}
Sulfeto de zinco	ZnS (beta)	3×10^{-25}

Tabela adaptada de <http://www.kj-espil.br/periodici/en/abc/kps.html> acessado em 23/02/2010

(*) HgO + H₂O $\rightleftharpoons$ Hg²⁺ + 2 OH⁻

ANEXO VII

Tabela 3.1: Constantes de produtos de solubilidade (K_{ps}) em água de alguns compostos dos cátions do grupo II, a 25° C¹

	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Ba^{2+}
OH^-	$5,61 \times 10^{-12}$	$5,02 \times 10^{-6}$	$3,2 \times 10^{-4}$	$2,55 \times 10^{-4*}$
CO_3^{2-}	$6,82 \times 10^{-6}$	$3,36 \times 10^{-9}$	$5,60 \times 10^{-10}$	$2,58 \times 10^{-9}$
$C_2O_4^{2-}$	$8,6 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-9}$	$5,6 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$
SO_4^{2-}	-	$4,93 \times 10^{-5}$	$3,44 \times 10^{-7}$	$1,08 \times 10^{-10}$
CrO_4^{2-}	-	$7,1 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{-5}$	$1,17 \times 10^{-10}$

¹Dados de: a) <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/abc/kpt.html> acessado em 23/02/2010 e b) Moeller and R.O'Connor "Ions in Aqueous Systems", MacGraw-Hill, New York (1972), 367pp. * $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$;

ANEXO VIII

Lista de Reagentes – Análise Qualitativa

1. Acetato de amônio 3M
2. Acetato de sódio 2 M
3. Acetato de sódio 6 M*
4. Acetato de zinco e uranila (saturada)
5. Ácido acético 6 M*
6. Ácido clorídrico 1 M
7. Ácido clorídrico 2 M
8. Ácido clorídrico 6 M
9. Ácido clorídrico concentrado
10. Ácido nítrico 6 M
11. Ácido nítrico concentrado
12. Ácido sulfúrico 2 M
13. Ácido sulfúrico concentrado
14. Água de barita [sol. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ saturada]
15. Arseniato de sódio 0,2 M
16. Bissulfito de sódio (saturada)
17. Carbonato de amônio 1,5 M
18. Carbonato de potássio (saturada)
19. Carbonato de sódio 0,2 M
20. Cloreto de amônio 0,2 M
21. Cloreto de amônio 0,4 M
22. Cloreto de amônio 2 M
23. Cloreto de amônio 4 M
24. Cloreto de arsênio III 0,2 M
25. Cloreto de bário 0,2 M
26. Cloreto de estanho II 0,2 M
27. Cloreto de estanho IV 0,2 M
28. Cloreto de ferro III 0,2 M
29. Cloreto de potássio 0,2 M
30. Cloreto de sódio 0,5 M
31. Hexanitrocobaltato III de sódio

-
32. Dicromato de potássio 0,5 M
 33. Dimetilglioxima 0,1 M
 34. Ferrocianeto de potássio 0,2 M
 35. Hidrogeno fosfato de sódio 0,2 M
 36. Hidróxido de amônio 0,5 M
 37. Hidróxido de amônio 6 M
 38. Hidróxido de amônio concentrado
 39. Hidróxido de sódio 4 M*
 40. Hidróxido de sódio 6 M
 41. Nitrato de alumínio III 0,2 M
 42. Nitrato de bário 0,2 M
 43. Nitrato de cádmio 0,2 M
 44. Nitrato de cálcio 0,2 M
 45. Nitrato de chumbo II 0,2 M
 46. Nitrato de cobre II 0,2 M
 47. Nitrato de magnésio 0,2 M
 48. Nitrato de manganês II 0,2 M
 49. Nitrato de mercúrio I 0,2 M
 50. Nitrato de níquel 0,2 M
 51. Nitrato de potássio 0,2 M
 52. Nitrato de prata 0,2 M
 53. Nitrato de sódio 0,2 M
 54. Nitrato de zinco II 0,2 M
 55. Nitrito de sódio 0,2 M
 56. Oxalato de amônio 0,25 M
 57. Permanganato de potássio 0,01 M
 58. Sulfato de amônio 1 M
 59. Sulfato de ferro II 0,2 M
 60. Sulfato de sódio 0,2 M
 61. Sulfeto de sódio 0,25 M
 62. Tioacetamida 1 M
 63. Tiocianato de amônio 1 M

* soluções estoques para preparo de outras soluções mais diluídas

As substâncias grifadas são instáveis e serão disponibilizadas somente no dia do experimento. Colete apenas ~ 1 mL, pois este volume já será suficiente para todos os experimentos.

Para simplificar $M = \text{mol L}^{-1}$