UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Química
Instituto de Física
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação
Programa Interunidades em Ensino de Ciências

NAÃMA CRISTINA NEGRI VACIOTO

Formação continuada de professores de Química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química.

SÃO PAULO

2017

NAÃMA CRISTINA NEGRI VACILOTO

Formação continuada de professores de Química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química.

Versão Corrigida

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Química, ao Instituto de Física, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Química

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes

SÃO PAULO

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Vaciloto, Naãma Cristina Negri

Formação continuada de professores de química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química. São Paulo, 2017.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. Instituto de Física. Instituto de Química. Instituto de Biociências.

Orientador(a): Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1.Química – Estudo e ensino; 2.Formação continuada do professor; 3.Desenvolvimento profissional do professor; 4.Grupo colaborativo; 5.Colaboração entre professores.

USP/IF/SBI-068/2017

AGRADECIMENTOS

Escrever os agradecimentos é relembrar todo o caminho percorrido: as dificuldades, as alegrias, as frustrações, o conhecimento. Por isso, com muita emoção, agradeço:

À Deus por nunca me desamparar nos momentos de angústia e solidão e por iluminar e abençoar meu caminho, me direcionando aos momentos de alegrias e conquistas.

Aos meus pais, Rosi e Eduardo, meu irmão, Fernando, meus tios, Heliana e Lauro e meus avós, Adelina e Dersi, pelo incentivo ao estudo desde sempre. Por fazerem dos meus sonhos, seus sonhos e por não medirem esforços para que fossem realizados.

À minha estrelinha, Vó Helza (*in memoriam*), que partiu antes desse trabalho ser finalizado, mas que está presente sempre em meu coração. Ao meu avô Luiz (*in memoriam*) que também olha por mim.

À minha orientadora Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes por me acolher em seu grupo de pesquisa, grupo este que sempre admirei. Obrigada por compartilhar seu conhecimento com humildade, por compreender minhas dificuldades e por me incentivar, tanto na pesquisa, quando na profissão.

Aos professores: Keila Bossolani Kiill e João Batista dos Santos Junior. Keila, obrigada por me orientar na vida, tenho uma admiração e um carinho enorme por você. João, obrigada por aceitar participar deste trabalho desde a qualificação com valiosas sugestões.

Aos meus amigos do GEPEQ, por compartilharem conhecimentos e sonhos. E, em especial, à Lilian, colaboradora fundamental desta pesquisa e exemplo de comprometimento, empenho e responsabilidade.

Às minhas amigas e companheiras de vida: Ana Paula, Mariana e Jacqueline. Meninas, vocês são o que tenho de mais especial.

Aos amigos que conquistei em Alfenas e São Paulo: Rafael Salgado, Matheus, Lara, Ana Carolina, Natalia Bráz, Marina, Mariana Rodrigues, Deliane, Natalia Quintiliano, Mariana Bonésio, Daniele, Izabella e tantos outros. Obrigada por serem minha segunda família durante esses anos.

Aos professores participantes do grupo colaborativo que se comprometeram a participar desta pesquisa e que dividiram comigo suas dificuldades e angústias, mas também o amor pela profissão.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança” (Albert Eintein).

RESUMO

VACIOTO, N. C. N. **Formação continuada de professores de Química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química.** 2017. 248 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Existe um conjunto de necessidades formativas que, quando superadas, garantem ao professor subsídios para desempenhar a atividade docente com qualidade. Conhecer a matéria a ser ensinada é uma delas, pois o domínio dos conteúdos científicos pode estar relacionado ao envolvimento dos professores em atividades inovadoras, evitando a transmissão mecânica dos conteúdos. Mas, será que os professores apresentam uma compreensão dos conteúdos prescritos no currículo de Química do Estado de São Paulo que lhes dê segurança para ensinar? Tais conhecimentos e concepções influenciam suas decisões sobre estratégias de ensino e prática docente? A ampliação e o aprofundamento conceitual podem auxiliar os professores na compreensão do currículo e em suas práticas de sala de aula? Tais questões nortearam esta pesquisa, que contou com a participação de doze professores de Química da região metropolitana de São Paulo. Os professores se reuniram quinzenalmente, no Instituto de Química da Universidade de São Paulo durante o ano de 2014, em atividades de formação continuada em grupo colaborativo. A vertente da colaboração foi escolhida por permitir reflexões sobre a prática, troca de experiências e atividades voltadas às reais necessidades dos professores participantes. Foram 16 encontros, dos quais 6 foram selecionados para a análise. A coleta de dados ocorreu por meio de gravações em áudio e vídeo dos encontros, questionários e entrevistas semiestruturadas. A partir de um levantamento prévio para identificar possíveis dificuldades conceituais dos professores e, considerando o interesse destes, as discussões do grupo voltaram-se aos conteúdos de eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química, apontados como sendo de maior dificuldade. Assim, fazendo uso da técnica da análise de conteúdo, foram elaboradas categorias de nível de compreensão conceitual e estas foram relacionadas às práticas de ensino desenvolvidas pelos professores. Foram analisadas, ainda, as interações manifestadas pelos professores, com o intuito de identificar possível superação das necessidades formativas. Por fim, foram identificadas as percepções dos professores sobre seu desenvolvimento ao participar dos encontros do grupo. Os resultados indicaram que grande parte dos professores apresentou dificuldades conceituais relacionadas aos conteúdos discutidos: em eletroquímica e equilíbrio químico, 73% das respostas estavam relacionadas a níveis de compreensão conceitual insatisfatórios e, em cinética química, o nível de compreensão conceitual adequado foi manifestado apenas uma vez, correspondendo a 2%. Como consequência, a maioria dos professores relatou não tratar os conteúdos que apresentam dificuldades ou, quando os tratam, não o fazem na profundidade requerida nos documentos oficiais. Por outro lado, durante as discussões do grupo colaborativo, foi possível perceber indícios de construção colaborativa do conhecimento, com superação das necessidades formativas relacionadas ao conhecimento conceitual e às práticas de ensino.

Palavras – chave: Formação continuada do professor. Grupo colaborativo. Necessidades formativas. Ensino de Química.

ABSTRACT

VACIOTO, N. C. N. **Teacher education in a collaborative group: knowledge and practice about electrochemistry, chemical equilibrium and kinetic chemistry.** 2017. 248p. Dissertation (Master in Science Education – Chemical Education) submitted to the Physics Institute, Chemistry Institute, Bioscience Institute and Education Institute, University of São Paulo, 2017.

There is a set of formative needs that, when overcome, guarantee to teacher subsidies to perform teaching with quality. Knowing the subject matter to be teach is one of them, since the domain of scientific contents related to the involvement of teachers in innovative activities, avoiding the mechanical transmission of the contents. However, do teachers have an understanding of scientific contents recommended in the Chemistry curriculum of the State of São Paulo that provides them confidence to teach? Does it influence in their decisions considering teaching strategies? Does conceptual broaden and deepening can help teachers understand curriculum and classroom practices? Such questions guided a research with twelve Chemistry teachers from the metropolitan area of São Paulo. Those teachers gather in a collaborative group, fortnightly, at the Chemistry Institute at University of São Paulo, in 2014. The collaboration aspect was chosen because it allows reflections on teaching practice, exchange experiences and develop activities focused on the real needs of participating teachers. For this research, it is analyzed six of the sixteen meetings. Data collection are meetings recorders, questionnaires, and semi structured interviews. A previous analysis of possible teachers' difficulties in understanding, and teachers selected the chemical concepts of electrochemistry, chemical equilibrium, and kinetic chemistry. Data was analyzed by content analyses and conceptual comprehension levels were elaborated related to teaching practices elaborated by participants. It was also analyzed teachers interactions aiming identify possible overcoming of formative needs. Finally, teachers' perceptions about their development were identified by participants in the meetings. Results indicated most of teachers presented difficulties in understanding electrochemistry and chemical equilibrium, 73% of answers were related to unsatisfactory level of conceptual comprehension, and kinetic chemistry, adequacy level of conceptual comprehension was showed only once, corresponding 2%. Therefore, the majority of teachers declared not teaching those chemical concepts during classes, or when they teach, they do in a superficial way. On the other hand, analyzing data collected during group discussions, it was identified some evidence of a collective knowledge construction, overcoming some formative needs related to conceptual knowledge and teaching practices.

Keywords: Teacher education. Collaborative group. Formative needs. Teaching Chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formas de cultura do professor.	40
Figura 2. Mapa das Diretorias de Ensino da cidade de São Paulo. As diretorias com o marcador se referem às dos professores participantes.	60
Figura 3. Organização dos encontros dos grupos colaborativos.	62
Figura 4. Esquema envolvendo conceitos de eletroquímica.	64
Figura 5. Classificação dos conteúdos da Primeira Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo.	89
Figura 6. Classificação dos conteúdos da Segunda Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo.	90
Figura 7. Classificação dos conteúdos da Terceira Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo.	91
Figura 8. Padrão de compreensão conceitual 1 manifestado pelo Professor 5 sobre o conteúdo de eletroquímica.	94
Figura 9. Padrão de compreensão conceitual 2 manifestado pelos professores P8, P12 e P3, sobre o conteúdo de eletroquímica.	95
Figura 10. Padrão de compreensão conceitual 3 manifestado pelos professores P7, P4 e P9, sobre o conteúdo de eletroquímica.	96
Figura 11. Padrão de compreensão conceitual 4 manifestado pelos professores P2; P6, P11 (ambos no padrão 4.2) e P1, sobre o conteúdo de eletroquímica.	98
Figura 12. Padrão de compreensão conceitual 5 manifestado pelo Professor 10 sobre o conteúdo de eletroquímica.	99
Figura 13. Representação dos íons cobre na solução de sulfato de cobre e dos átomos de cobre metálico em uma placa.	102
Figura 14. Representação dos íons cobre em solução e dos átomos de cobre metálico em uma placa.	103
Figura 15. Padrão de compreensão conceitual 2 manifestado pelos professores P12, P4, P11 e P5, sobre o conteúdo de equilíbrio químico.	105
Figura 16. Padrão de compreensão conceitual 3 manifestado pelos professores P1, P8, P3, P6 e P9, sobre o conteúdo de equilíbrio químico.	108
Figura 17. Padrão de compreensão conceitual 4 manifestado pelo professor P10 sobre o conteúdo de equilíbrio químico.	110

Figura 18. Padrão de compreensão conceitual 5 manifestado pelos professores P2 e P7 sobre o conteúdo de equilíbrio químico.....	111
Figura 19. Padrões de compreensão conceitual manifestados pelos professores sobre o conteúdo de cinética química.	119
Figura 20. Níveis de compreensão conceitual dos professores para os conteúdos de Eletroquímica, Equilíbrio Químico e Cinética Química.	151
Figura 21. Relação entre o nível de compreensão conceitual e a forma em que os conceitos foram tratados em sala de aula.	152
Figura 22. Percepção dos professores sobre a superação de necessidades formativas.....	186

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Necessidades Formativas apresentadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011).	33
Quadro 2. Características dos professores participantes do grupo colaborativo.....	59
Quadro 3. IDESP de 2013 referente ao Ensino Médio das Diretorias de Ensino dos professores colaboradores, bem como do município e Estado de São Paulo.	61
Quadro 4. Síntese dos encontros com seus respectivos anexos, apêndices e objetivos.	69
Quadro 5. Agrupamento das situações de aprendizagem segundo o conteúdo abordado e a respectiva área.	70
Quadro 6. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de eletroquímica.	74
Quadro 7. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de equilíbrio químico.	77
Quadro 8. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de cinética química.	80
Quadro 9. Interações identificadas no grupo colaborativo.	85
Quadro 10. Padrões de níveis de compreensão conceitual identificados nas respostas dos professores no que se refere aos conteúdos de cinética química, equilíbrio químico e eletroquímica.	93
Quadro 11. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de eletroquímica.	100
Quadro 12. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de equilíbrio químico.	112
Quadro 13. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de cinética química.....	121
Quadro 14. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.....	126
Quadro 15. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.....	128
Quadro 16. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de cinética química.	130
Quadro 17. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.....	132

Quadro 18. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.	134
Quadro 19. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de cinética química.	137
Quadro 20. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.	140
Quadro 21. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.	142
Quadro 22. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de cinética química.	143
Quadro 23. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.	145
Quadro 24. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.	146
Quadro 25. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de cinética química.	148
Quadro 26. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino dos professores para os conteúdos discutidos.	150
Quadro 27. Necessidades formativas superadas pelos professores.	188

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. PROBLEMA DE PESQUISA	21
2.1. Questões de investigação	21
2.2. Hipótese	21
2.3. Objetivos.....	22
2.3.1. <i>Geral</i>	<i>22</i>
2.3.2. <i>Específicos</i>	<i>22</i>
3. O CURRÍCULO E O ENSINO DE QUÍMICA: BREVE DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO.....	23
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
4.1. Profissionalização dos docentes	31
4.2 Formação continuada de professores em uma perspectiva de colaboração	37
5. REVISÃO DE LITERATURA	43
5.1 Pesquisas sobre necessidades formativas, saberes, competências e conhecimentos necessários à docência.	43
5.2 Pesquisas sobre dificuldades conceituais manifestadas por alunos, licenciandos e professores de Química.	45
5.2.1 <i>Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de eletroquímica.</i>	<i>45</i>
5.2.2 <i>Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de equilíbrio químico.....</i>	<i>49</i>
5.2.3 <i>Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de cinética química.</i>	<i>51</i>
5.3 Pesquisas sobre grupos colaborativos.....	54
6. METODOLOGIA	57
6.1. A constituição do grupo colaborativo	57
6.2 Caracterização dos sujeitos colaboradores da pesquisa	59
6.3 Descrição da pesquisa	61
6.4 Descrição dos encontros e dos instrumentos de coleta de informações	63
6.5. Apresentação e descrição dos instrumentos de análise	70
6.5.1. <i>Compreensão conceitual e sua relação com o ensino</i>	<i>70</i>

6.5.2. Contribuição do grupo colaborativo para a superação das necessidades formativas.....	85
7. RESULTADOS E ANÁLISE.....	89
7.1. Identificação das principais dificuldades conceituais dos professores: panorama geral do currículo.....	89
7.2. Compreensão Conceitual manifestada pelos professores.....	93
7.2.1. Compreensão Conceitual de Eletroquímica.	94
7.2.2. Compreensão Conceitual de Equilíbrio Químico.	105
7.2.3. Compreensão Conceitual de Cinética Química.	118
7.3. Relação entre padrão conceitual e práticas de ensino.	124
7.3.1. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 5.	125
7.3.2. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 4.	132
7.3.3. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 6.	140
7.3.4. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 10.	144
7.3.5. Relação entre nível de compreensão conceitual e conceitos tratados em sala de aula.	149
7.4. Superação de necessidades formativas proveniente das reflexões e discussões durante os encontros do grupo colaborativo.	157
7.4.1. Interações identificadas durante a discussões do conteúdo de eletroquímica.....	157
7.4.2. Interações identificadas durante a discussões do conteúdo de equilíbrio químico..	170
7.4.3. Interação identificada durante a discussões do conteúdo de cinética química.....	184
7.5 Percepções dos professores sobre a superação de suas necessidades formativas..	185
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	201
REFERÊNCIAS.....	207
ANEXOS.....	217
APÊNDICES	231

1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual está marcada por grandes mudanças tecnológicas, sociais, econômicas, políticas e culturais. Dentre elas, uma que se destaca é a mudança tecnológica, cujo resultado é a grande quantidade de informação disponibilizada diariamente e a velocidade de sua propagação. Sendo assim, vivemos um momento em que informação e conhecimento são requisitos indispensáveis para a vida profissional (CHIMENTÃO, 2009). Mas, o autor relata que, embora semanticamente afins, informação e conhecimento não são sinônimos, uma vez que a informação se refere a tudo aquilo que nos é disponibilizado e só se torna conhecimento quando atribuímos sentido a elas, as interpretamos.

A partir dessas considerações, pode-se atribuir ao professor um papel de extrema importância, visto que ele é o principal mediador dessa transformação de informação em conhecimentos na sala de aula. Assim, o professor precisa estar sempre atualizado e informado com relação aos acontecimentos do mundo, aos conhecimentos curriculares, disciplinares e pedagógicos, às novas tendências educacionais e, mais do que isso, deve estar preparado para relacionar esses diferentes saberes.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) referem-se a esse conjunto de capacidades que colocam em prática a profissão do professor, como necessidades formativas. Tais necessidades englobam desde o conhecimento do conteúdo a ser ensinado, envolvendo os problemas que originaram a construção desses conhecimentos, as metodologias empregadas pelos cientistas, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade e os desenvolvimentos científicos recentes, até saber selecionar os conteúdos adequados e estar preparado para adquirir novos conhecimentos.

Ainda segundo esses autores, as necessidades formativas englobam, também, conhecer as limitações dos currículos, a necessidade de adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva e saber questionar as ideias docentes de senso comum, dentre elas, o fracasso generalizado nas disciplinas científicas como sendo natural.

Mas, estudos têm mostrado a não superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo a ser ensinado, no que se refere aos conteúdos geralmente tratados no Ensino Médio. São dificuldades envolvendo, por exemplo, conceitos de quantidade de matéria e mol (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999), transformações químicas (AYRES-PEREIRA, 2013), eletroquímica (LIMA; MARCONDES, 2005), cinética química (MARTORANO, 2012), e que podem resultar no desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula de forma acrítica, sem

contextualização social do conhecimento científico, com ênfase na memorização e, como apontam Carvalho e Gil-Pérez (2011), sem o envolvimento em atividades inovadoras, o que pode dificultar o papel do professor como mediador dos alunos na seleção e interpretação das informações.

Rosa (2004, p. 169) também se manifesta a respeito da importância do domínio do conteúdo específico para o exercício da profissão:

[...] cabe a necessidade de se entender que ser professor de Ciências/Química/Física/Biologia requer um conhecimento aprofundado daquilo que se ensina. [...] pois isso habilita o professor no trânsito livre das ideias em sala de aula, garante-lhe autonomia na construção do currículo e lhe permite contextualizar seu ensino, sem se tornar refém de livros didáticos e/ou apostilas empobrecidos de conteúdos científicos.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) e Rosa (2004), ao relatarem as dificuldades conceituais apresentadas pelos professores e a importância de dominar os conteúdos específicos, afirmam que a formação inicial pode não ser suficiente para o desenvolvimento conceitual e sugerem maior atenção a essa necessidade formativa do professor. Mas, há poucos indícios na literatura de atividades de formação continuada com foco nas dificuldades conceituais manifestadas pelos professores, já que a grande preocupação está relacionada às questões pedagógicas.

Essa preocupação pode estar relacionada ao fato de que, por muitos anos as questões pedagógicas foram contempladas na formação inicial sem interação com as disciplinas específicas e em um período mais curto, como no modelo pautado na racionalidade técnica denominado “3 + 1”. Esse modelo de formação de professores era estruturado da seguinte maneira: disciplinas de conteúdo específico constituíam o eixo de formação nos três primeiros anos e as disciplinas de cunho pedagógico eram ministradas no ano final do curso. Conceitos científicos e práticas pedagógicas eram tratados de maneira desconectada e, conforme aponta Garcia (1992), o professor era visto como um técnico ou um usuário de técnicas curriculares elaboradas e pensadas por outros especialistas.

Além da ausência de atividades de formação que considerem as dificuldades conceituais dos professores, outro ponto a se considerar com relação a tais atividades é que, quando tidas como meio para suprir os déficits da formação inicial, acabam sendo concebidas e executadas por institutos ou organizações externas. Tais institutos ou organizações são contratadas por níveis hierárquicos superiores dos sistemas de ensino e acabam por não considerarem as especificidades dos professores e de seus locais de trabalho. Como consequência, têm-se em propostas uniformes, cuja meta é atingir um grande grupo de

professores, independentemente de sua idade, tempo de experiência, disciplina que ministra, interesse e necessidade (FUNDAÇÃO VICTOR CIVITA, 2011).

Pereira (2002) ressalta a importância de se valorizar o professor como um profissional que executa o que ele próprio planejou, refletiu e questionou, ou seja, de aproximar os professores de um modelo baseado na racionalidade crítica, com elaboração de seus planos de trabalho e tomada de consciência sobre sua prática. Assim, a formação continuada também precisa promover reflexão sobre a prática e valorização do trabalho docente, “dotando os professores de perspectivas de análise que os ajudem a compreender contextos históricos, sociais, culturais, organizacionais nos quais se dá sua atividade docente” (LIBÂNEO; PIMENTA, 1999, p. 261).

Essa ideia de garantir ao professor autonomia, participação ativa e uma formação continuada voltada para suas reais dificuldades, considerando o conjunto de saberes que deve dominar, pode ser potencializada por meio dos grupos colaborativos. Esse modelo de formação constitui-se como uma maneira de promover a superação das necessidades formativas dos professores, possibilitando troca de experiências de ensino e a reflexão conjunta sobre problemas comuns, auxiliando-os a compreender e transformar suas próprias práticas e as da escola (PIMENTA, 2005).

Pensando nisso, este trabalho visa apresentar as principais dificuldades conceituais de química manifestadas por professores durante a participação em um grupo colaborativo, procurando relacionar o conhecimento científico com suas práticas em sala de aula, e analisar de que maneira o grupo colaborativo pode contribuir para a superação dessas necessidades formativas. Para isso, o trabalho foi composto por oito capítulos, sendo o primeiro deles esta introdução.

No segundo capítulo, denominado como problema de pesquisa, são apresentadas as questões de investigação, hipóteses e objetivos gerais e específicos. No terceiro capítulo é apresentado um breve desenvolvimento histórico do currículo, uma vez que esse é o documento oficial que orienta o trabalho do professor, sendo as discussões voltadas a ele de comum interesse entre os docentes.

A fundamentação teórica é apresentada no quarto capítulo e composta pelos referenciais que nortearam a pesquisa, dentre eles, Carvalho e Gil-Pérez (2011) que discorrem sobre as necessidades formativas que, quando superadas pelo professor, contribuem para sua competência profissional e Hargreaves (1999) que apresenta a colaboração como uma forma de cultura escolar, sendo o norteador do grupo colaborativo.

No quinto capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica englobando trabalhos sobre profissionalização docente, dificuldades conceituais e concepções alternativas manifestadas por alunos e professores com relação à eletroquímica, à cinética química e ao equilíbrio químico e, por fim, trabalhos envolvendo a formação continuada de professores em grupos colaborativos.

O sexto capítulo se refere à metodologia, composta pela caracterização dos sujeitos colaboradores da pesquisa e do grupo colaborativo, pela descrição da pesquisa, dos encontros e dos instrumentos de coleta de informações, apresentação dos instrumentos de análise da compreensão conceitual e sua relação com o ensino e das interações emergentes da colaboração.

O sétimo capítulo trata dos resultados e análise. O mesmo é dividido em cinco seções: na primeira serão identificadas as principais dificuldades dos professores com relação aos conceitos descritos no Currículo de Química do Estado de São Paulo; na segunda será discutida a compreensão conceitual dos professores acerca dos conceitos relacionados à cinética química, eletroquímica e equilíbrio químico; na terceira seção será realizada uma relação entre os níveis de compreensão conceitual e as práticas de ensino adotadas; posteriormente, serão apresentadas as interações provenientes das discussões do grupo e, por fim, a percepção dos professores sobre a contribuição do grupo para a superação de suas necessidades formativas.

O oitavo capítulo é composto pelas considerações finais, em que se pretende analisar se os objetivos do trabalho foram alcançados, se as respostas às questões de investigação foram respondidas, se os resultados obtidos vão ao encontro das hipóteses elencadas no início da pesquisa e quais sugestões pode-se fornecer para favorecer o desenvolvimento profissional dos professores.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Neste capítulo do trabalho são apresentadas as inquietações que motivaram esta pesquisa, sendo composta pelas questões de investigação, hipótese e objetivos.

2.1. Questões de investigação

Considerando que o Estado de São Paulo apresenta um currículo oficial para as disciplinas e que os professores podem apresentar dificuldades conceituais em relação aos conteúdos estabelecidos no currículo de Química do Estado de São Paulo, acreditamos na potencialidade dos grupos colaborativos em contribuir para o desenvolvimento dos professores de Química, como forma de superar essas possíveis dificuldades conceituais. Baseada nisso, esta pesquisa apresenta as seguintes questões de investigação:

- Quais são as dificuldades conceituais apresentadas por professores, participantes de um grupo colaborativo, sobre os conceitos químicos ensinados no ensino médio e que fazem parte do currículo atual de Química do Estado de São Paulo?
- Como estas concepções conceituais influenciam suas decisões em relação às estratégias de ensino?
- Como a superação da dificuldade conceitual pode auxiliar os professores na compreensão do currículo e em suas práticas de sala de aula?

2.2. Hipótese

O professor que domina o conteúdo da disciplina a ser ensinada é capaz de se envolver em atividades inovadoras sem grandes dificuldades. Ele é crítico com relação à escolha do material didático e a seleção e sequência dos conteúdos, além de ser capaz de pensar estratégias de ensino inovadoras. Por outro lado, professores com dificuldades conceituais podem ser menos autônomos, ficando reféns do livro didático.

Com relação à participação dos docentes em um grupo colaborativo, partimos do pressuposto de que o mesmo pode favorecer a reflexão sobre suas dificuldades, despertando a consciência e a vontade de sanar tais dificuldades e adquirir novos conhecimentos. Além disso, a configuração do grupo, voltada às reais dificuldades do professor, pode subsidiar a superação dessa necessidade formativa.

2.3. Objetivos

2.3.1. Geral

Contribuir para os estudos sobre formação continuada de professores de Química, aprofundando os conhecimentos sobre concepções e dificuldades conceituais apresentadas por professores participantes de um grupo colaborativo e a influência dessas dificuldades nas práticas de ensino.

2.3.2. Específicos

- Analisar as concepções dos professores com relação aos conteúdos prescritos no currículo de Química e abordados por eles em seu ensino;
- Identificar possíveis dificuldades conceituais e didáticas desses professores em relação a esses conteúdos;
- Identificar relações entre os conhecimentos específicos apresentados pelos professores e sua prática de ensino;
- Analisar as interações entre os professores durante os encontros do grupo colaborativo;
- Identificar as percepções dos professores sobre seu desenvolvimento em relação ao conhecimento químico.

3. O CURRÍCULO E O ENSINO DE QUÍMICA: BREVE DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

A definição do que seja currículo é uma tarefa muito difícil, mas que vem sendo realizada por diversos autores. Forquin (1993) pensa que o currículo se constitui em um campo teórico da Cultura e que é sempre alguma coisa que nos precede, nos ultrapassa e nos institui como sujeitos, podendo receber o nome de Cultura.

Sacristán (2000) o define como reflexo de um projeto educativo globalizador que envolve aspectos sociais, culturais e pessoais e aponta que em torno do currículo estabelecem-se regulações do tipo econômica, política e administrativa. Para Jonnaert, Ettayebi e Defise (2010) currículo é um conjunto de elementos que têm um fim educativo, que sendo articulados entre si, permitem uma orientação e operacionalização de um sistema educativo por meio de planos e ações pedagógicas e administrativas. Mckernan (2009), por sua vez, aponta que o currículo é uma proposta que concretiza um plano de ensino, composto por conhecimentos, valores, atitudes, habilidades e capacidades considerados relevantes para os educandos.

A definição de Saviani (2003) se aproxima mais das concepções identificadas em professores, pois, para ele, currículo é a seleção, sequência e dosagem de conteúdos da Cultura a serem desenvolvidos em situações de ensino e de aprendizagem. Compreende “conhecimentos, ideias, hábitos, valores, convicções, técnicas, recursos, artefatos, procedimentos, símbolos etc. dispostos em conjuntos de matérias/disciplinas escolares e respectivos programas, com indicações e atividades para sua consolidação e avaliação” (SAVIANI, 2003, p. 35).

Mas, a ideia aqui não é defender uma definição de currículo, até porque isso está relacionado às concepções da escola e de quem o define e pode levar a um posicionamento delimitado do mesmo (LIMA, 2016). Além disso, o currículo de fato adotado pode, muitas vezes, seguir as necessidades políticas e econômicas do momento.

Krasilchik (2000), tomando como marco inicial a década de 60, reconhece movimentos que refletiram nos diferentes objetivos da educação, sendo possível estabelecer um paralelo com os documentos oficiais elaborados no Brasil e no Estado de São Paulo para o ensino de química:

- Guerra Fria – anos 60: os Estados Unidos, com o objetivo de vencer a batalha espacial, fizeram investimentos para produzir os projetos de primeira geração do ensino de Física, Química, Biologia e Matemática para o ensino médio. Acreditavam que a formação de uma elite que garantisse a conquista do espaço dependia de uma escola secundária com cursos

de ciências que incentivassem jovens talentos a seguir carreiras científicas. Isso aconteceu com o apoio das sociedades científicas, das universidades, de acadêmicos renomados e do governo.

Já o Brasil que, durante a Segunda Guerra Mundial, havia sentido falta de matéria-prima e de produtos industrializados, passou a fornecer aos seus estudantes mais aptos uma formação voltada à superação dessa dependência, de modo a se tornar um país autossuficiente. Em contrapartida, à medida que o país passou por transformações políticas, o papel da escola também mudou e passou a ser responsável pela formação de todos os cidadãos e não mais apenas da elite. A Lei 4.024, de Diretrizes e Bases da Educação, de 21 de dezembro de 1961, ampliou o ensino de ciências no currículo escolar, que passou a figurar desde o primeiro ano do curso ginasial e teve aumento de carga horária no curso colegial, na configuração das disciplinas de Física, Química e Biologia (BRASIL, 1961).

Essas disciplinas (Física, Química e Biologia) passavam a ter a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico. O cidadão seria preparado para pensar de forma lógica e criticamente e assim capaz de tomar decisões com base em informações e dados (KRASILCHIK, 2000, p. 86).

- Ditadura Militar – 1964: após o golpe militar, foram produzidos decretos que enfatizavam a importância da educação moral e cívica e da educação física no currículo escolar (ZOTTI, 2004). A disciplina de educação física estava relacionada ao preparo do estudante para a defesa do país e era vista como um meio de controlá-lo, direcionando suas atenções e energia para o esporte e, assim, evitando seu envolvimento em atos políticos. Já, a disciplina de educação moral e cívica tinha como intuito educar os jovens para a reprodução da ideologia dominante.

Anos depois, foi promulgada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 5.692 de 1971, com modificações na estrutura e funcionamento do ensino. A escolarização obrigatória e gratuita foi ampliada de 4 para 8 anos, no 1º grau, reduzida de 7 para 3 ou 4 anos, no 2º grau. Nesse momento, a escola deixou de enfatizar a cidadania e passou a investir na formação do trabalhador, visto como peça importante para o desenvolvimento econômico do país: no primeiro grau o objetivo era a sondagem de aptidões e iniciação para o trabalho; no segundo grau o objetivo era a habilitação profissional, com ênfase no ensino tecnicista¹ (BRASIL, 1971; KRASILCHIK, 2000; ZOTTI, 2004).

¹ Ensino Tecnicista se refere a ideia de que a racionalidade e a neutralidade geram eficiência e produtividade. A educação é baseada em treinamento para que o educando possa ocupar seu espaço na “cadeia produtiva” (SAVIANI, 1984).

Foi fixado um núcleo comum, fazendo desaparecer a divisão entre as disciplinas e criando uma classificação tríplice: comunicação e expressão, estudos sociais e ciências. A primeira se referia à disciplina de língua portuguesa, a segunda incluía as disciplinas de geografia, história e a organização social e política do Brasil e a última se referia à matemática e às ciências físicas e biológicas.

Em São Paulo, sob vigência da Lei 5.692/71, a Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP), órgão da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, influenciada por projetos americanos, apresentou a proposta curricular para o 2º grau. Na proposta da disciplina de Química, para a parte de educação geral, que compreendia a primeira e segunda séries, foram elencados os conteúdos a serem abordados, seus objetivos e sugestões de atividades a serem realizadas, com ênfase em atividades experimentais (SÃO PAULO, 1977).

Essa ênfase em atividades experimentais era decorrente do método científico² e do ensino tecnicista adotados na época, que tinham como consequência a formação do aluno como mini cientista. Tanto que as atividades sugeridas visavam a demonstração de propriedades, processos químicos, treino da observação e obtenção de medidas com a utilização de aparelhos (LIMA, 2016).

A sequência de conteúdos proposta procurava partir de propriedades macroscópicas da matéria até atingir o estudo microscópico, para depois voltar ao macroscópico. Assim, esperava-se que o aluno compreendesse: propriedades, composição e transformações dos materiais naturais e artificiais; estrutura dos materiais; interação da Química com o meio ambiente (SÃO PAULO, 1977).

Em 1979, a CENP, também responsável por produzir documentos de orientação curricular, publicou um material com resumos teóricos dos conteúdos a serem abordados e procedimentos experimentais com discussões para os experimentos propostos, com a intenção de auxiliar o professor na implementação da Proposta Curricular de Química para o 2º grau (SÃO PAULO, 1979).

- Pós Ditadura Militar: Em 1984 iniciou-se a elaboração de uma nova proposta curricular, por meio de um trabalho coletivo organizado pela CENP e envolvendo diversos profissionais do ensino de Química. Os encontros, promovidos por representantes das divisões regionais de ensino do Estado de São Paulo, visavam uma reorganização do ensino do 2º grau, com a construção de um currículo democrático (LIMA, 2016). Em 1986 foi divulgado o

² Método científico se refere a um conjunto de regras para desenvolver uma experiência a fim de produzir conhecimento e corrigir e integrar conhecimentos pré-existent, baseado em evidências observáveis, empíricas e imensuráveis, com o uso do raciocínio lógico (LIMA, 2016).

documento, fruto desse trabalho, denominado Subsídios para o Planejamento de Química (SÃO PAULO, 1986), cuja proposta era que:

O ensino de química partisse das experiências dos alunos, de seus conceitos espontâneos, de seu cotidiano, para tratar o conhecimento químico, sua natureza e processos de produção, além de capacitar o aluno a identificar onde e como estes conhecimentos estão sendo utilizados. As ênfases dadas nesse documento foram: cotidiano do aluno, relação entre ciência e tecnologia e inter-relações, aplicação na sociedade, experimentação, história da ciência (LIMA, 2016, p. 25).

Essa proposta se mostrava bem diferente ao que era até então sugerido para o ensino de química. A formação de um mini cientista deu lugar a um ensino mais próximo ao cotidiano dos alunos. Mas, nesse momento, o Estado não forneceu subsídios necessários para sua implementação e, somente em 1988, a partir desse mesmo documento, foi elaborado uma segunda versão da Proposta Curricular para o Ensino de Química do 2º grau. Essa versão tinha como princípios orientadores: a experimentação no ensino de ciências, a história da ciência e o ensino de química e o cotidiano no ensino de química.

Sobre a experimentação no ensino, percebe-se um avanço:

Quando propomos a experimentação, não pretendemos apenas que os alunos utilizem materiais do laboratório, tampouco redescubram os conceitos criados pelos cientistas [...] o que se prioriza é que o aluno entre em contato com fenômenos químicos e que tenha possibilidade de criar modelos explicativos para eles, através de suas observações, de seu sistema lógico, de sua linguagem (SÃO PAULO, 1988, p.14).

As atividades experimentais deixaram de ser planejadas com o intuito de reproduzir os trabalhos realizados pelos cientistas e começaram a ser pensadas como um recurso para a construção do conhecimento. Com o princípio norteador história da ciência e o ensino de química, pretendia-se:

Que a História da Ciência apareça em várias etapas do programa, não como tópicos estanques, porém misturada, confundida de modo a fluir com o próprio conhecimento químico. Num momento, mostrando as várias explicações para um mesmo fato, numa mesma época, para que o aluno possa compreender a elaboração do conhecimento químico e para facilitar a compreensão de determinados conceitos; noutro, apresentando os conceitos e teorias em diferentes épocas, de modo que o aluno perceba as explicações sendo abandonadas, alteradas ou mesmo retomadas, evidenciando-se, assim, o dinamismo do processo de elaboração da ciência (SÃO PAULO, 1988, p. 16).

Os conceitos químicos seriam tratados considerando seu contexto histórico, ao passo que o desenvolvimento científico também seria levado em consideração. Já, com o cotidiano no ensino de química, baseado nas ideias de Lutfi (1988), estava-se objetivando estabelecer relações entre o conhecimento científico e as situações de interesse ou de vivência do aluno:

Propõe-se que se tome como ponto de partida situações de interesse imediato do aluno, o que ele vive, conhece ou sofre influências e que atinjam os conhecimentos químicos historicamente elaborados, de modo que lhe permitam analisar criticamente a aplicação destes na sociedade (SÃO PAULO, 1988, p. 18).

Tal proposta foi construída em unidades e não mais em termos de conteúdos distribuídos ao longo das séries, como na proposta curricular de 1979. Eram seis unidades: I. transformações químicas; II. Uso dos materiais; III. A água na natureza; IV. Transformações químicas: um processo dinâmico; V. transformações químicas e energia; VI. Estudo dos compostos de carbono. Nessas unidades haviam pequenos textos introdutórios, seguidos pelas sequências de conteúdos. Sugestões de atividades não compunham o material.

- Globalização – a partir dos anos 90: em 1996 foi aprovada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394/96. O objetivo do ensino passou a ser a formação do cidadão-trabalhador-estudante, como aponta o artigo 22: “A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhes meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (BRASIL, 1996).

Passados dois anos, foram publicadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, DCNEM, (BRASIL 1998) que, dentre várias orientações para regulamentar a LDB vigente, distribui as disciplinas em áreas do conhecimento, estando as disciplinas de física, química, biologia e matemática, em uma área intitulada Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Outro ponto central da LDB de 1996 e expresso nas DCNEM é a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico como objetivo central do Ensino Médio, ou seja, mais que uma alteração dos conteúdos a ensinar, a reforma teve a intenção de desenvolver as várias qualidades humanas, levando a um ensino por competências.

Para colocar em prática as prescrições presentes na LDB 9.394/96 e nas Diretrizes, foram elaborados documentos oficiais intitulados como Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1999, e, posteriormente, as Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), no ano de 2002.

Com o PCN, as funções dos componentes curriculares foram repensadas, pois se antes

[...] se desejava transmitir conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos estanques, agora se deseja promover competências gerais, que articulem conhecimentos, sejam estes disciplinares ou não. Essas competências dependem da compreensão de processos e do desenvolvimento de linguagens, a cargo das disciplinas que, por sua vez, devem ser tratadas como campos

dinâmicos de conhecimento e de interesses, e não como listas de saberes oficiais (BRASIL, 2002, p. 11-12).

Assim, foram elencadas habilidades básicas e competências específicas que se espera que sejam desenvolvidas pelos alunos, sendo habilidades e competências entendidas, no documento, como:

[...] competências é um número bem maior de habilidades. Pode-se, de forma geral, conceber cada competência como um feixe ou uma articulação coerente de habilidades. Tomando-as nessa perspectiva, observa-se que a relação entre umas e outras não é de hierarquia. Também não se trata de gradação, o que implicaria considerar habilidade como uma competência menor. Trata-se mais exatamente de abrangência, o que significa ver habilidade como uma competência específica. Como metáfora, poder-se-ia comparar competências e habilidades como as mãos e os dedos: as primeiras só fazem sentido quando associadas às últimas (BRASIL, 2002, p. 15).

Nessa perspectiva, um conjunto de habilidades (conceitos, linguagens, modelos explicativos, leitura) possibilita o desenvolvimento de competências que ajudam a enfrentar situações e problemas rotineiros, bem como imprevistos em sua vida cotidiana e a se posicionar diante de temas polêmicos (BEBER; MALDANER, 2012). No caso de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, as competências e habilidades foram divididas em três campos e definidas como (BRASIL, 1999; 2002):

- Representação e comunicação: desenvolvimento da capacidade de comunicação.
- Investigação e compreensão: desenvolvimento da capacidade de questionar processo naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender.
- Contextualização sócio cultural: compreensão e utilização da ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático.

Como um complemento desse material foi disponibilizado aos professores, coordenadores, dirigentes escolares, responsáveis pelas redes de educação básica e pela formação continuada dos professores, o PCN+, cujo objetivo era:

Discutir a condução do aprendizado nos diferentes contextos e condições de trabalho das escolas brasileiras, de forma a responder às transformações sociais e culturais da sociedade contemporânea, levando em conta as leis e diretrizes que redirecionam a educação básica (BRASIL, 2002, p.7).

No PCN+, as competências propostas no PCN são retomadas e desenvolvidas com maior detalhamento e os conteúdos de Química a serem ensinados são selecionados e organizados em nove “temas estruturadores”, com foco nas transformações químicas que

ocorrem nos processos naturais e tecnológicos. Traz, ainda, sugestões pedagógicas e formas de organização dos temas estruturantes ao longo dos três anos do ensino médio.

No nível estadual, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo propôs, no ano de 2008, novos currículos para as disciplinas do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio, seguindo as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (SÃO PAULO, 2008). A Proposta Curricular de Química foi desenvolvida por especialistas ligados ao Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo (GEPEQ), que levaram em conta as práticas pedagógicas consideradas mais adequadas, de acordo com estudos realizados pela Secretaria da Educação, além de suas experiências enquanto pesquisadores da área.

Em 2010, essas propostas curriculares tornaram-se Currículos Oficiais do Estado de São Paulo, passando a ser obrigatórios em toda a rede pública paulista. Seu foco é o desenvolvimento de competências e habilidades, a contextualização do conhecimento científico e a integração entre os conhecimentos de diferentes campos disciplinares. No caso do currículo de Química, este está estruturado sobre o tripé: transformações químicas, modelos explicativos e materiais e suas propriedades (SÃO PAULO, 2012).

Para a primeira série do ensino médio o tema escolhido foi transformações químicas na natureza e no sistema produtivo; para a segunda série, materiais e suas propriedades; para a terceira série, atmosfera, hidrosfera e biosfera como fontes de materiais para uso humano. Ao longo do currículo é possível notar a relação entre os conteúdos com diversos processos tecnológicos presentes nas indústrias, além do impacto socioambiental desses processos, procurando garantir um ensino que siga a abordagem CTSA.

Para subsidiar a implementação da Proposta Curricular e, posteriormente, do Currículo Oficial do Estado, ainda em 2008, foram elaborados cadernos de orientações aos professores de todas as disciplinas, bem como cadernos para os alunos. O material constituído por 2 volumes, um para cada semestre letivo de cada série (inicialmente quatro, um para cada bimestre letivo), apresenta orientações sobre os conteúdos, as competências e habilidades a serem desenvolvidas, metodologias e estratégias a serem utilizadas e formas de avaliação, seguindo uma abordagem construtivista.

[...] procuramos utilizar metodologias e estratégias de ensino que favoreçam a participação efetiva dos alunos na construção de seu próprio conhecimento e no desenvolvimento de competências relacionadas ao aprimoramento de sua cidadania. Valorizamos, assim, aquilo que os alunos já sabem e conhecem do mundo físico, ou seja, seus conhecimentos prévios. [...] as atividades iniciais têm o objetivo de envolver os alunos na temática por meio de questões para as quais ele pode apresentar alguma ideia. Em seguida, sugerimos problemas cuja resolução exige novos conhecimentos; atividades experimentais para construção de conceitos e conhecimentos de fatos

químicos; leituras de textos que introduzem dados e informações novas ou que problematizam determinada situação. (SÃO PAULO, 2014, p. 8)

Cada volume desse material é dividido em Situações de Aprendizagem, que trazem problematizações relativas aos temas de cada série, para tratar os conteúdos e desenvolver as habilidades. Mas, segundo Tavares (2009), por apresentarem informações detalhadas sobre o desenvolvimento da aula, o material tem sido criticado por ser considerado um limitador da autonomia dos professores. Por outro lado, há pesquisadores que consideram que

[...] os conceitos selecionados como integrantes da Proposta Curricular são reorganizados em uma sequência que favorece a mediação didática, já que tem como ponto de partida a articulação entre os níveis fenomenológico, teórico-conceitual e representacional do conhecimento químico. (ROSA, 2010, p.11)

Cabe ressaltar que o uso dos cadernos não é obrigatório na rede pública, de forma que a autonomia dos professores acaba não sendo afetada pelo material. O intuito do mesmo é orientar o planejamento e andamento das aulas, tendo o aluno como sujeito ativo na construção do conhecimento e considerando os conteúdos e habilidades requeridos pelo Currículo Oficial (SÃO PAULO, 2014). Assim, este material foi escolhido para direcionar as discussões dos encontros do grupo colaborativo, por refletirem o currículo do Estado de São Paulo e por serem comumente utilizados pelos professores.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Após um breve histórico desenvolvimento do currículo no Brasil e no Estado de São Paulo e uma apresentação dos materiais que auxiliam na sua implementação, neste capítulo são apresentados os referenciais teóricos deste trabalho, iniciando com o referencial que discute os atributos necessários para que o professor tenha um desempenho profissional satisfatório (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). Sabendo das dificuldades que permeiam a profissionalização docente, elencamos as contribuições da formação continuada, apontando semelhanças e diferenças entre os modos de formação continuada baseados na interação: comunidades de prática (LAVE; WENGER, 1991), grupos cooperativos (PANITZ, 1996; TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004) e grupos colaborativos. Para a perspectiva da colaboração, que fundamenta esse trabalho, são apresentadas suas características, a partir da ideia de Hargreaves (1999).

4.1. Profissionalização dos docentes

Puentes, Aquino e Quilice Neto (2009) apontam que a escola vem sendo constantemente acusada de não cumprir seu papel com vigor e essa acusação vem atingindo os professores, considerados os principais responsáveis pelo fracasso escolar, dada as lacunas relacionadas aos saberes necessários para o exercício da docência. Os saberes, ou também, conhecimentos e competências necessários à formação docente têm sido, então, alvo de investigações. Apoiados na ideia de que existe um conjunto de conhecimento base, os pesquisadores afirmam ser possível reunir esses saberes com a intenção de melhorar a formação dos professores (PUENTES; AQUINO; QUILICI NETO; 2009).

Utilizando o termo “conhecimento” Shulman (1986, p.11) faz referência àquilo que os professores deveriam compreender sobre a docência para favorecer um processo de ensino-aprendizagem eficiente. Para o autor, são sete os conhecimentos do professor: 1) *conhecimento do conteúdo*: conhecimento específico da matéria que o professor leciona, incluindo as compreensões de fatos, conceitos, processos e procedimentos; 2) *conhecimento pedagógico*: princípios e estratégias gerais de condução e organização da aula, que transcendem o âmbito da disciplina; 3) *conhecimento do currículo*: domínio especial dos materiais e os programas que servem como “ferramentas para o ofício” do docente; 4) *conhecimento dos alunos e da aprendizagem*: relacionado aos processos cognitivos; 5) *conhecimento dos contextos educativos*: inclui desde o funcionamento do grupo ou da aula até o caráter das comunidades e

culturas; 6) *conhecimento didático do conteúdo*: destinado a especial combinação entre matéria e pedagogia, que constitui uma esfera exclusiva dos professores, sua forma particular de compreensão profissional; 7) *conhecimento dos objetivos, as finalidades e os valores educativos e de seus fundamentos filosóficos e históricos*: categoria de conhecimento que expressa tanto o entendimento do professor sobre seu espaço de atuação, quanto o processo histórico e político da educação.

O termo “saberes” é utilizado por vários autores, dentre eles: Gauthier et al. (1998) e Tardif (2000). Para o primeiro, os saberes formam uma “*espécie de reservatório no qual o professor se abastece*”, deixando transparecer que os saberes estão disponíveis como em um móvel com várias gavetas, ao qual o professor deverá recorrer sempre que precisar de um determinado saber (FRANÇA, 2012, p. 15). Os saberes por ele apontados são: 1) *saber disciplinar*: produzidos pelos pesquisadores e cientistas de diversas áreas do conhecimento e que estão à disposição da sociedade, refere-se ao conteúdo a ser ensinado; 2) *saber curricular*: referente à transformação dos saberes produzidos pela ciência e que será ensinado nos programas escolares, o professor deve conhecer o programa, que deverá servir de guia para seu planejamento e avaliação; 3) *saber das ciências da educação*: conjunto de saberes específicos da profissão, mas que não estão diretamente relacionados à ação pedagógica; 4) *saber da tradição pedagógica*: relativo ao saber dar aula que se tem antes da formação docente, adaptado e modificado mais tarde pelo saber experiencial e validado ou não pelo saber da ação pedagógica; 5) *saber experiencial*: saber adquirido por experiência própria, porém que se limita pelo fato de ser feito por pressupostos e argumentos que não são conhecidos publicamente; 6) *saber da ação pedagógica*: quando o saber experiencial do professor se torna público e é testado por meio de pesquisas (PUENTES; AQUINO; QUILICI NETO, 2009).

Já a classificação feita por Tardif (2000) inclui: 1) *saberes disciplinares*: correspondem a diversos campos do conhecimento e se encontram integrados nas universidades sob a forma de disciplinas; 2) *saberes curriculares*: discursos, objetivos, conteúdos e métodos, a partir dos quais a instituição escolar categoriza e apresenta os saberes sociais por ela definidos e selecionados como modelos de cultura erudita e que se apresentam sob a forma de programas escolares que os professores devem aprender e aplicar; 3) *saberes experienciais*: baseados no trabalho cotidiano e no conhecimento de seu meio, os quais brotam da experiência e são por ela validados; 4) *saberes da formação profissional*: conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores.

No que diz respeito às competências necessárias à docência, Braslavsky (1999, p. 13) as define como “capacidade de fazer com saber e consciência sobre as consequências desse saber. Toda competência envolve, ao mesmo tempo, conhecimentos, modos de fazer, valores e responsabilidades pelos resultados de aquilo que foi feito”. Assim, considera competências necessárias para que os professores conduzam os processos de ensino e de aprendizagem: 1) *competência pedagógico-didática*: capacidade de conhecer, saber selecionar, avaliar, utilizar, melhorar, criar ou recriar estratégias de intervenção didáticas efetivas; 2) *competência institucional*: capacidade de articular entre a macropolítica do sistema educativo e a micropolítica da escola e da sala de aula; 3) *competência produtiva*: capacidade de intervir no mundo; 4) *competência interativa*: capacidade de aprender a compreender e sentir com o outro; 5) *competência especificadora*: capacidade de abrir-se ao trabalho interdisciplinar, para aplicar um conjunto de conhecimentos fundamentais à compreensão de um tipo de sujeito, de uma instituição educativa, e/ou de um conjunto de fenômenos e processos.

Por fim, Carvalho e Gil-Pérez (2011), numa perspectiva construtivista dos processos de ensino e de aprendizagem, apresentam um conjunto de “necessidades formativas” que, quando superadas pelo professor, contribuem para sua competência profissional. As mesmas encontram-se citadas e definidas no Quadro 1.

Quadro 1. Necessidades Formativas apresentadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011).

Necessidades Formativas	Definição
Ruptura com as visões simplistas do ensino	Deixar de ter uma imagem espontânea do ensino, tendo-o como algo simples, em que basta um bom conhecimento da matéria, um pouco de prática e alguns complementos psicopedagógicos.
Conhecer o conteúdo da disciplina	Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos, as metodologias empregadas pelos cientistas, as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade, conhecer alguns desenvolvimentos científicos recentes, saber selecionar os conteúdos adequados e estar preparado para adquirir novos conhecimentos.
Questionar as ideias docentes de “senso comum” sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências	Conhecer a existência de um pensamento espontâneo do que é “ensinar Ciências” e analisá-lo criticamente, questionar o caráter “natural” do fracasso generalizado dos alunos nas disciplinas científicas, questionar a ideia de que ensinar é fácil.
Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de Ciências	Reconhecer que as concepções alternativas são difíceis de serem substituídas por conhecimentos científicos; saber que os alunos aprendem significativamente construindo conhecimentos (respostas a questões problemáticas); conhecer o caráter social da

Necessidades Formativas	Definição
	construção do conhecimento; conhecer a importância do ambiente escolar e do professor na aprendizagem de Ciências.
Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”	Conhecer as limitações dos habituais currículos, da introdução de conhecimentos, dos trabalhos práticos e exercícios propostos, das formas habituais de avaliação e das formas de organização escolar.
Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva	Propor uma estratégia de ensino baseada em um tratamento de situações problemáticas mediante um trabalho de pesquisa.
Saber dirigir os trabalhos dos alunos	Apresentar e saber dirigir adequadamente as atividades; realizar sínteses e reformulações que valorizem as contribuições dos alunos; criar um bom clima de funcionamento da aula, fruto de um relacionamento entre professor e alunos marcados pela cordialidade e aceitação.
Saber avaliar	Utilizar esse recurso como instrumento de aprendizagem que permita fornecer um feedback adequado para promover o avanço dos alunos; ampliar o conceito e a prática da avaliação ao conjunto de saberes que queira priorizar no aprendizado; introduzir formas de avaliação de sua própria tarefa docente.
Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa	Examinar criticamente a atividade docente através de uma pesquisa dirigida em ambientes de ensino.

Fonte: Carvalho e Gil-Pérez (2011).

Como Puentes, Aquino e Quilice Neto (2009) afirmam, embora os conceitos de “saberes”, “conhecimentos” e “competências” tenham sentidos diferentes na educação, no contexto em que estão inseridos nesse momento, igualmente, se referem ao conjunto de capacidades que colocam em prática a profissão do professor. Em outras palavras, os autores citados consideram três ideias fundamentais para a profissionalização da docência: saber, saber-fazer e saber-ser, porém apresentados na forma de saberes, conhecimentos, competências ou necessidades a serem superadas.

Ainda, estabelecendo relações entre os autores, pode-se considerar que esse conjunto de capacidades se fundamentam, basicamente, em: conceitos científicos, aqueles relacionados ao conhecimento específico da disciplina; contexto, no sentido de se dominar desde os programas, currículos e materiais que servem de orientação para o trabalho docente, até o funcionamento do grupo e da gestão escolar e da comunidade na qual fazem parte; aluno, na ideia de entender tanto os processos cognitivos que permeiam a aprendizagem, quanto as

relações existentes entre alunos e professores; prática, pensando nas estratégias de ensino e métodos de avaliação.

Mas, embora haja semelhanças, para fundamentar esta pesquisa são considerados os apontamentos de Carvalho e Gil-Pérez (2011), por apresentarem ideias que enfatizam a importância do professor reflexivo, que analisa criticamente o ensino tradicional, conhecendo as limitações dos currículos e dos métodos de avaliação, que deixa de ter uma imagem espontânea do ensino e, principalmente, que está preparado para adquirir novos conhecimentos, considerados fundamentais para o professor que participa de atividades de formação continuada. Portanto, são enfatizadas, nesta pesquisa, duas necessidades formativas: conhecer o conteúdo da disciplina e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva.

Sobre a necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina, os pesquisadores consideram a existência de um consenso geral entre os professores sobre a importância de se dominar o conteúdo a ser ensinado e destacam dois aspectos que consideram dificultar o domínio desse conhecimento: relativização da importância do conhecimento científico, principalmente no que se refere à formação de profissionais para o Ensino Fundamental II, e a posterioridade em se tratar o conhecimento científico em atividades de formação continuada.

No primeiro caso, que se refere à formação inicial, é sabido, e já apontado aqui, que as licenciaturas curtas, vigentes por muitos anos no Brasil, pretendiam preparar em três anos professores generalistas e especialistas em Biologia, Geologia, Física, Química e Matemática. Nesse curto período, em cursos com carga horária reduzida, é difícil garantir o domínio do conteúdo desses professores. Por outro lado, no segundo caso que se refere à formação continuada, o conhecimento conceitual é pouco tratado, por ser considerado suficiente o ensino dado durante a formação inicial. Surge aqui um ciclo que pode levar a essa necessidade formativa.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) chamam a atenção, ainda, para o fato de que o conhecimento da disciplina implica não só no conhecimento conceitual, mas em conhecimentos diversos, dentre eles:

- Conhecer a história das ciências: associar os conhecimentos científicos com os problemas que levaram a sua construção, conhecendo as dificuldades e obstáculos epistemológicos superados e como esses conhecimentos evoluíram. Isso pode facilitar a compreensão das dificuldades dos alunos e evitar a ideia da ciência como algo acabado e estático.
- Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos: conhecer a maneira com que os cientistas abordaram os problemas, principais

características de seus trabalhos, critérios de validade e aceitação de suas teorias, de forma a facilitar a construção de conhecimento por parte dos alunos.

- Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade: não reduzir a ciência à transmissão de conteúdos ou treinamento de uma destreza, deixando de lado aspectos históricos e sociais que marcam o desenvolvimento científico.

- Conhecer desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas: construir uma visão dinâmica da ciência, evitando a compartimentalização das matérias, ou seja, adquirir conhecimentos de outras áreas para poder interagir diferentes em campos.

- Saber selecionar conteúdos adequados: selecionar conteúdos que proporcionem uma visão atual da ciência, que sejam acessíveis aos alunos e que despertem interesse.

- Se preparar para adquirir novos conhecimentos: as mudanças curriculares, os avanços científicos e os interesses dos alunos são constantes, cabendo ao professor estar preparado.

O conhecimento da disciplina vai muito além de dominar o conteúdo. É necessário que o professor saiba relacionar os conceitos aos aspectos sociais, históricos e tecnológicos que permeiam seu desenvolvimento, buscando uma forma de abordar o conteúdo de tal maneira que permita a interação com diferentes áreas. Para isso, é importante, que o professor perceba a Ciência como algo inacabado, que se desenvolve e modifica continuamente, devendo estar preparado para adquirir novos conhecimentos, constantemente.

Com relação à necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, os autores apontam o grande interesse dos professores por desenvolver esse saber, principalmente por aqueles que pretendem organizar a aprendizagem como uma construção de conhecimentos por parte dos alunos. Para isso, seria necessário:

- Propor situações problemáticas que levem em conta as ideias, visões do mundo e destrezas dos alunos e que sejam acessíveis, gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa.

- Propor o estudo qualitativo das situações problemáticas, permitindo a explicitação de suas concepções espontâneas e que conduza a formulação de hipóteses e tomadas de decisão.

- Elaboração de estratégias de resolução dos problemas: uso das ideias prévias para fazer previsões; elaboração de estratégias para contrapor as hipóteses à luz dos conhecimentos de que se dispõe; resolução e análise de resultados, confrontando com resultados obtidos por outros grupos de alunos ou pela comunidade científica.

- Enfatizar as relações Ciência/Tecnologia/Sociedade que demarcam o desenvolvimento científico e favorecer as atividades de síntese como esquemas, mapas conceituais, resumos.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) destacam, também, que a estruturação de atividades desse tipo é, sem dúvida, uma das tarefas mais complexas para a formação docente, sendo possível pensar apenas em uma iniciação. Planejar atividades dessa natureza requer pesquisas constantes, além de reelaborações advindas de sua experiência e de estudos científicos. Assim, neste trabalho, pretende-se relacionar essas duas necessidades formativas, com o intuito de identificar a influência do conhecimento conceitual nas estratégias de ensino adotadas, pois como apontam os autores: “Todos os trabalhos investigativos existentes mostram a gravidade de uma carência de conhecimentos da matéria, o que transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro de texto” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 22).

4.2. Formação continuada de professores em uma perspectiva de colaboração

A formação inicial não é suficiente para que o professor se aproprie dos saberes necessários para sua competência profissional, tão pouco para promover seu desenvolvimento profissional. Somado a isso, deve-se considerar o isolamento, uma vez que o professor de disciplinas específicas costuma ser único no ambiente escolar. Esse ambiente desfavorável é apontado como um obstáculo ao seu desenvolvimento (HARGREAVES, 1999), pois impede trocas de experiências importantes e reflexões que levam a mudanças de práticas e ações.

Pensando em criar um ambiente de interação e de ajuda mútua, trabalhos vem sendo realizados nas perspectivas das comunidades de prática, grupos cooperativos e grupos colaborativos. A expressão comunidade de prática tem sua origem com Lave e Wenger (1991), que a definem como organização informal formada naturalmente por praticantes de dentro e de fora das organizações formais. Caracterizam-se por ter um tema em comum sobre o qual seus participantes querem aprender mais, seja por meio de compartilhamentos de conhecimentos e informações ou por meio de vivências das práticas que adquiriram durante o exercício de suas profissões e durante seus estudos (MOSER, 2010).

Segundo Moser (2010), para que haja uma comunidade de prática, são necessárias três condições: o *domínio*, pois os participantes devem ser comprometidos com o assunto e ter domínio do tema de que tratam, sendo isso o que os distingue dos participantes de outras comunidades; a *comunidade*, pois os participantes precisam estar dispostos a aprender uns com os outros, se comprometendo a trocar informações sobre o assunto de seu domínio; a *prática*,

os participantes precisam estar dispostos a estudar problemas ou desenvolver recursos ou instrumentos conforme seu domínio.

Outra forma de trabalho coletivo é por meio do grupo cooperativo. Essa perspectiva de ambiente de interação teve sua origem na área empresarial, em que cada participante tem sua função no grupo, de modo a prevalecer a concretização de um objetivo final, voltado a realização de uma tarefa específica. Apresenta distinções hierárquicas de ajuda mútua, que serve como meio para se alcançar uma meta ou produto final (PANITZ, 1996; TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004).

A aprendizagem pela colaboração, por sua vez, difere-se da vertente anterior e se aproxima da comunidade de prática no sentido de propiciar a interação de pessoas com interesses comuns, mas sem a preocupação de chegar a um resultado definido e preestabelecido. Suas premissas podem ser relacionadas a uma das quatro formas de cultura escolar apontada por Hargreaves (1999).

Segundo o autor (HARGREAVES, 1999), o professor pode se relacionar com outros professores de quatro maneiras: individualismo, colegialidade artificial, balcanização e colaboração. A maneira de se relacionar pode estar intimamente associada à sua preferência por determinadas estratégias de ensino, já que pode dar sentido, apoio e identidade ao seu modo de trabalhar.

O mais comum de se encontrar em um ambiente escolar é um professor, em sua sala de aula, ensinando os conteúdos relacionados a sua disciplina específica com as portas fechadas, sem interação com outros professores, com a equipe gestora e, muitas vezes, sem ajuda de estagiários. Esse ambiente compartimentalizado e isolador e essa prática docente solitária é o que caracteriza o individualismo. Tal forma de cultura pode ter duas explicações:

- O individualismo como uma característica psicológica, associado à falta de confiança em si mesmo, como sendo uma maneira de se defender de seus fracassos e incertezas perante o trabalho que realiza. Os professores não gostam de ser observados e avaliados por temerem a crítica que pode vir como consequência. Assim, para mascarar sua apreensão e despistar os observadores, apontam o apreço pela ‘autonomia’.
- O individualismo como uma condição do lugar de trabalho, devido à arquitetura tradicional dos prédios escolares, à escassez ou baixa qualidade dos espaços disponíveis ao trabalho conjunto e à dificuldade em estabelecer grupos de trabalho pelo conflito de horário.

O contrário do individualismo são as relações de colaboração, porém existem colaborações que dividem ao invés de unir. O tipo de colaboração que segrega os professores

ao incluí-los em subgrupos isolados, é denominada por Hargreaves (1999) por balcanização. Nesse tipo de relação, o trabalho não acontece com todo o grupo escolar, mas em pequenos grupos, como ocorrem nos institutos e departamentos das universidades ou no ensino fundamental e médio das escolas.

Cabe ressaltar que o simples fato de trabalhar com colegas de profissão em pequenos grupos não equivale à balcanização. Essa apresenta quatro características, que podem resultar em consequências negativas para a aprendizagem: *permeabilidade reduzida*, os professores participam de um único subgrupo e não interagem com os demais colegas da equipe escolar, isso faz com que cada subgrupo pense da sua maneira e que haja delimitação de espaço; *permanência duradoura*, uma vez estabelecidos os subgrupos, os professores dificilmente mudam de grupo; *identificação pessoal*, professores participam de subgrupos relacionados à disciplina que ministram, reduzindo sua capacidade de empatia e colaboração com os demais; *caráter político*, o subgrupo ao qual cada professor pertence reflete mais do que sua identificação profissional, mas também seus interesses pessoais.

Uma outra forma de interação entre professores é a colegialidade artificial, que não é um trabalho em conjunto que parte dos professores, mas sim uma imposição da equipe gestora. Como consequência, passa a ser um trabalho obrigatório, cujas situações discutidas podem não ser de interesse dos participantes. Em alguns casos, a imposição pode ser acompanhada de ameaças ou vantagens: ameaças no sentido de não mais apoiar os professores em seus projetos e vantagens quando se promete uma promoção.

Outras características desse tipo de trabalho em conjunto estão relacionadas ao alto grau de estruturação: as reuniões acontecem em horários e locais definidos, pautas direcionam os objetivos e resultados finais que deverão ser alcançados, ou seja, são voltados à implementação de algo e não ao desenvolvimento. Dessa forma, a colegialidade artificial muito se aproxima da ATPC (aula de trabalho pedagógico coletivo) obrigatória nas escolas estaduais de São Paulo. Um horário que deveria ser destinado a trocas de experiências entre os professores, momentos de reflexão sobre sua prática pedagógica e de apoio aos colegas acaba tendo como finalidade a resolução de questões burocráticas da escola. E o professor, por ser obrigado a participar de algo que não lhe interessa e não colabora com seu desenvolvimento profissional, muitas vezes não se sente pertencente ao grupo.

A quarta forma de relação entre professores proposta por Hargreaves (1999) é a colaboração, uma forma mais evolutiva e espontânea de interação. Na cultura da colaboração a participação acontece de forma espontânea, parte da vontade dos professores. É voluntária, pois embora possa ser apoiada pela equipe gestora, não surge a partir da imposição da mesma, mas

sim do valor que dão à sua experiência e à vontade de trabalhar juntos. É orientada ao desenvolvimento, já que os professores se unem para desenvolver suas próprias iniciativas ou as iniciativas impostas, mas pelas quais se identificaram e se comprometeram. É onipresente no tempo e no espaço, seus encontros são breves, frequentes e acontecem enquanto houver necessidade. Além disso, os próprios participantes sugerem os temas a serem discutidos. A última característica é a imprevisibilidade, pois como são os docentes que julgam e controlam o que fazem e como fazem, os resultados são incertos e imprevisíveis.

A Figura 1 ilustra essas quatro formas de relação dos professores. Nela pode-se notar o quando a cultura da colaboração difere das demais no sentido de promover maior interação entre os professores, confiança entre eles e apoio uns aos outros. Ao passo que as demais formas de cultura incentivam o isolamento ou a falta de autonomia de seus participantes.

Figura 1. Formas de cultura do professor.

Fonte: Adaptado pela autora de Hargreaves (1999, p.54).

Boavida (2005, p. 191, tradução nossa), sobre essa ideia de colaboração voltada à formação continuada de professores, relata ser necessário:

Haver participação voluntária, negociar de forma cuidadosa, honesta, aberta e desde o início, o modo como o grupo irá funcionar, delinear um percurso de trabalho conjunto que seja apropriado e viável, tendo em conta as necessidades, objetivos, interesses, expectativas e desejos de todos de negociar e renegociar as responsabilidades e papéis de cada um, de modo que os benefícios da troca de experiências, perspectivas e competências governem, para todos, o processo de colaboração. Nesse âmbito, não se torna imprescindível a mutualidade na partilha dos objetivos, papéis e responsabilidade. O importante é que haja um propósito comum

que oriente o trabalho a ser desenvolvido, mas que enquadre a possibilidade de interesses e necessidade particulares, que haja uma liderança partilhada e uma relação não hierárquica, e que se crie um clima de vontade e respeito mútuo para cada pessoa poder partilhar saberes e experiências e, por sua via, para que todos possam aprender.

A ideia de colaboração apresentada neste trabalho constituiu-se de forma semelhante à dos autores citados. A participação dos professores aconteceu de forma espontânea. Os encontros não apresentaram alto grau de estruturação: as datas, os horários e o tempo de duração eram definidos pelos pesquisadores e os professores, levando em consideração sua disponibilidade e necessidade. O foco das discussões também era decidido de acordo com suas reais necessidades e dificuldades. Nada era imposto, tudo era estabelecido em consenso com os professores e talvez isso tenha favorecido o reconhecimento da importância de cada um para o grupo.

Mas, reunir um grupo de professores com o intuito de promover um trabalho colaborativo não é uma tarefa fácil. É necessário estabelecer certa confiança para que queiram compartilhar suas experiências, manifestar suas dificuldades, solicitar apoio ao grupo e mais, respeitar a individualidade de cada participante. Hargreaves (1999) aponta a necessidade de se compreender a diferença entre individualismo e individualidade, pois o primeiro se refere à atitude solitária, à dificuldade em se relacionar e aprender com o outro, enquanto a individualidade está relacionada ao perfil individual de cada pessoa, sua contribuição aos demais, seus interesses que devem ser considerados. Quando os interesses pessoais não são respeitados, a participação no grupo pode deixar de contribuir e fazer sentido para o professor.

Segundo Boavida³ (2001 apud BOAVIDA; PONTE, 2002), são várias as razões que levam um professor a envolver-se em um projeto colaborativo: procura por uma inovação curricular, formas de lidar com uma turma difícil, para explorar um tópico novo, dentre outras. Isso significa que, dentro de um mesmo grupo, podem haver pessoas participando por razões diferentes, mas que encontram um entendimento comum, ou seja, respeitam a individualidade de cada um.

Assim, para que a ideia de colaboração se estabeleça, faz-se necessário mais do que reunir um grupo de professores, mas também estabelecer a confiança, o diálogo e a negociação entre seus colaboradores:

A confiança é o primeiro passo da colaboração. É fundamental para que os participantes se sintam à vontade em questionar abertamente as ideias, valores, ações uns dos outros, respeitando-os e sabendo, igualmente, que seu trabalho e seus valores são respeitados.

³ BOAVIDA, A. M. *Sobre colaboração e investigação colaborativa*. Manuscrito não publicado, 2001.

O *diálogo*, pois, mais do que um instrumento de consenso, que serve para anular contradições, deverá ser, sobretudo, como refere Christiansen⁴ (1999), um instrumento de confronto de ideias e de construção de novas compreensões.

A *negociação*, pois é preciso ser capaz de negociar objetivos, modos de trabalho, modos de relacionamento, prioridades e até significados de conceitos fundamentais. Essa negociação permeia o projeto do princípio ao fim, sendo fundamental nos momentos de crise (BOAVIDA; PONTE, 2002, P. 7).

Enfrentando e superando esses desafios, a formação continuada na abordagem dos grupos colaborativos pode recolocar os professores em posição de protagonistas das mudanças curriculares e não mais como meros executores de propostas formuladas por outros (GARCIA; GRECA; MENESES, 2008). Além disso, Boavida e Ponte (2002) apontam que a reunião em prol de um objetivo comum desperta maior determinação, contato com diferentes pontos de vista e maior reflexão com relação a sua própria prática e sobre problemas educacionais, o que possibilita novas aprendizagens.

Com isso, pode-se considerar os grupos colaborativos como uma ferramenta capaz de resgatar deficiências advindas da formação inicial e de ressignificar as práticas dos professores, colaborando com seu desenvolvimento profissional (SANTOS Jr.; MARCONDES, 2009), ou, nos termos de Carvalho e Gil-Pérez (2011), o grupo colaborativo pode se constituir em um espaço de vivências para a superação das necessidades formativas dos professores, de forma a contribuir para sua prática docente.

⁴ CHRISTIANSEN, H.; GOULET, L.; KRENTZ, C.; MACERS, M. Making the connections. In: Christiansen, H.; Goulet, L.; Krentz, C.; Macers, M. (Orgs.), *Recreating relationships: Collaboration and educational reform*. Nova Iorque: State University of New York Press, 1997.

5. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta revisão bibliográfica são apresentados alguns trabalhos de pesquisa que investigaram o conjunto de capacidades que colocam em prática a profissão do professor, as dificuldades conceituais manifestadas por alunos e por professores de Química com relação aos conteúdos de eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química e, como a formação continuada na perspectiva da colaboração vem sendo adotada para promover o desenvolvimento profissional do professor.

5.1 Pesquisas sobre necessidades formativas, saberes, competências e conhecimentos necessários à docência.

Como já mencionado, o atual Currículo de Química do Estado de São Paulo foi elaborado tendo como foco o desenvolvimento de habilidades e competências, a contextualização do conhecimento científico e a integração entre conhecimentos de diferentes campos disciplinares. Mas, para que os professores consigam abordar com seus alunos os conteúdos presentes no currículo tendo esse foco, é necessário que tenham superado um conjunto de necessidades formativas, como as propostas por Carvalho e Gil-Pérez (2011).

Estudos relacionados a tais necessidades formativas, bem como saberes, competências e conhecimentos necessários à docência têm sido realizados. Zanon, Oliveira e Queiroz (2009) analisaram as visões de alunos de pós-graduação sobre as necessidades formativas de professores de Química no Ensino Superior. A pesquisa foi realizada durante três semestres, com 74 alunos de pós-graduação de uma disciplina de caráter pedagógico, de uma universidade estadual paulista. Durante a primeira aula os alunos responderam a seguinte pergunta: o que o professor de Química, no nível superior, precisa “saber” e “saber fazer” para ter um bom desempenho nos ambientes de ensino nos quais atua?

As respostas foram agrupadas em categorias relacionadas às necessidades formativas do professor de Ciências, apontadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011), e os dados indicaram que a maioria dos alunos priorizou a necessidade de o professor conhecer a matéria a ser ensinada, ou seja, os saberes conceituais (85,1%) e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, as estratégias de ensino (83,8%).

Frison (2012), em sua tese de doutorado, teve como objetivos: (a) investigar e analisar os saberes docentes e as aprendizagens sobre conhecimentos profissionais dos professores, construídos durante a elaboração e o desenvolvimento de propostas de ensino; (b) compreender

as mudanças que ocorrem nas ações dos professores que durante o desenvolvimento de suas propostas de trabalho se envolvem em processos reflexivos. Participaram da pesquisa: 3 professores formadores, 41 licenciandos em Química (8 deles eram estagiários), 6 professores desta disciplina, que atuam em escolas de Educação Básica e 218 estudantes do Ensino Médio.

A autora realizou uma pesquisa-ação e, usando a técnica da análise textual discursiva, analisou as interações produzidas, seguindo diferentes momentos: interações e diálogos estabelecidos entre professores das escolas de educação básica, estagiários e a professora formadora, em encontros realizados na escola, para a produção e o desenvolvimento de propostas de ensino; interações entre a professora formadora e os estagiários para a adequação das propostas de ensino; acompanhamento das sequências de ensino; encontros realizados entre as professoras formadoras e os estagiários para a reformulação das propostas de ensino; compartilhamento das transcrições das aulas com os demais licenciandos, que realizaram análises e reflexões com foco nos conceitos químicos; entrevista semiestruturada realizada com licenciandos e estagiários sobre seu processo formativo; entrevista semiestruturada com as professoras formadoras.

Com os resultados, foi possível concluir que a socialização, a análise e a reflexão sobre as práticas pedagógicas orientadas por propostas de ensino, quando acompanhadas pela pesquisa, aumentam seu potencial formativo, oferecem maiores chances de (re)significação e produção de conhecimentos profissionais do professor, além de favorecer a constituição de um professor reflexivo e mais autônomo.

Fundamentadas pelos trabalhos de Gauthier e Tardif, Aires e Tobaldini (2013) analisaram os saberes docentes incorporados por professoras a partir de sua participação no subprojeto de Química do PIBID da Universidade Federal do Paraná. Os dados foram constituídos a partir de três instrumentos aplicados para três professoras, sendo eles: diário de pesquisa, entrevistas e reuniões. Fazendo uso da análise textual discursiva, concluíram que as professoras tiveram contato com diferentes saberes docentes e que, os que se mostraram mais evidentes, dizem respeito ao saber da formação profissional, da ciência da educação, experiencial e curricular. As autoras relatam enxergar uma aproximação entre esses saberes docentes e os conhecimentos relacionados ao aprender a ser professor, os quais têm sido pouco considerados durante a formação inicial. Assim, com essa relação, consideram ser possível argumentar que a participação dos professores no subprojeto permitiu a apropriação e a incorporação dos saberes docentes até então não desenvolvidos suficientemente.

Freire e Fernandez (2014), seguindo os fundamentos propostos por Shulman (1986), procuraram investigar os elementos teóricos e os aspectos da prática da ação formativa dos formadores que são incorporados por licenciandos ao seu Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) do tema oxirredução. A pesquisa foi realizada com 8 professores formadores e 3 licenciandos do curso Química, de uma instituição pública de Ensino Superior do Estado do Paraná. Os dados se constituíram a partir de projetos de pesquisa, relatórios de estágio, diários de campo, artigo final, instrumento de Representação de Conteúdo (CoRe), entrevista semiestruturada, materiais de aula e cadernos pessoais dos alunos. Os resultados apontaram que todos os formadores influenciaram no PCK de seus alunos, tanto no conteúdo específico, quanto no modo de agir, nas concepções de ensino e de aprendizagem e nos distintos modos de conduzir as atividades.

5.2 Pesquisas sobre dificuldades conceituais manifestadas por alunos, licenciandos e professores de Química.

Embora saibamos que os saberes apontados anteriormente, quando bem desenvolvidos, contribuem igualmente para a competência profissional do professor, trabalhos vêm mostrando dificuldades conceituais manifestadas por alunos do ensino básico, graduandos do curso de Química e professores de Química. Assim, nessa seção, são apresentadas algumas dessas dificuldades relacionadas aos conteúdos de eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química.

5.2.1 Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de eletroquímica.

O ensino de eletroquímica, conforme proposto no Currículo de Química do Estado de São Paulo, ocorre durante o 4º bimestre da 2ª série do ensino médio e preconiza o desenvolvimento das seguintes habilidades:

- Identificar transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de energia elétrica.
- Relacionar a energia elétrica produzida e consumida na transformação química com os processos de oxidação e de redução.
- Estabelecer uma ordem de reatividade dos metais em reações com ácidos e íons metálicos.
- Descrever o funcionamento de uma pilha galvânica.

- Interpretar os processos de oxidação e de redução a partir de ideias sobre a estrutura da matéria.
- Avaliar as implicações sociais e ambientais das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de energia elétrica.
- Avaliar os impactos ambientais causados pelo descarte de pilhas galvânicas e baterias (SÃO PAULO, 2012, p. 144).

Isso significa que o ensino de eletroquímica deve proporcionar um conhecimento conceitual com relação às reações de oxirredução, levando em consideração as questões sociais e ambientais relacionadas ao tema. Mas, estudos indicam que tal conteúdo não está sendo bem compreendido pelos alunos, já que dificuldades manifestadas por eles vêm sendo comumente identificadas em trabalhos de pesquisa ao longo de vários anos. As mais comuns se referem à:

- Dependência mútua entre as reações de redução e de oxidação: concepção equivocada de que as reações de redução e de oxidação podem ocorrer de maneira independente (GARNETT; TREAGUST, 1992a, 1992b; CAMEL; PACCA, 2004; 2011).
- Significado do número de oxidação: número de oxidação como sendo o número de substâncias oxidadas ou o número de vezes que uma substância pode ser oxidada (DE JONG; TREAGUST, 2002).
- Identificação de agentes oxidante e redutor: classificam o agente oxidante como sendo o que sofre oxidação e o agente redutor como sendo o que sofre redução (DE JONG; TREAGUST, 2002).
- Identificação das semi-reações de redução e de oxidação: oxidação é quando há adição de oxigênio e redução é quando há remoção de oxigênio (GARNETT; TREAGUST, 1992a,).
- Previsão de ânodos e cátodos: dificuldades em interpretar tabelas de potencial padrão de redução; não ocorrem reações químicas quando usados eletrodos inertes (DE JONG; ACAMPO; VERDONK, 1995; CULLEN; PENTECOST, 2011).
- Corrente elétrica: a consideram como sendo atração de cargas ou como movimento de íons. A carga negativa vai para onde está a carga positiva; o metal com maior energia passa seus íons, realizando reações; os íons empurram os elétrons; cátions e ânions soltos na solução aquosa produzam corrente (CAMEL; PACCA, 2004; 2011).
- Diferenças entre pilha e eletrólise: o processo eletrolítico é o inverso do que ocorre em uma pilha (AHMAD; LAH, 2012).

Tais concepções alternativas e equivocadas foram identificadas em pesquisas realizadas em diversos países e com vários alunos. No Brasil, Camel e Pacca (2011) realizaram uma pesquisa com 125 alunos, dos quais 73 eram da 3ª série do ensino médio e 52

do 3º ano dos cursos de Licenciatura e de Bacharelado em Química. Para a coleta de dados, os alunos responderam a duas questões com três itens cada, com o objetivo de realizar um levantamento de concepções sobre pilhas e eletrólise. Usando a metodologia da Análise de Conteúdo, as expressões dos alunos foram classificadas e interpretadas. Nos resultados, os conteúdos apresentados nas respostas indicavam uma compartimentalização das disciplinas de Química e Física, pois os alunos ora indicavam conteúdos pertinentes ao campo da Física, ora ao campo da Química, embora com explicações que envolviam aspectos microscópicos e macroscópicos. Além disso, diversas concepções alternativas foram manifestadas no que se refere à conservação das cargas e circulação da corrente elétrica. As autoras concluíram, então, que os alunos apresentam dificuldades relacionadas ao entendimento de circuito elétrico e equações de oxirredução e que, por serem um pré-requisito essencial para a compreensão de células eletrolíticas e eletroquímicas, a aprendizagem fica comprometida.

Na Turquia, Özkaya (2002) realizou uma pesquisa com 92 licenciandos, dos quais quinze participaram de uma entrevista composta por questões relacionadas às células galvânicas, ao equilíbrio eletroquímico e às reações de oxidação e de redução. Em uma segunda etapa, todos os 92 estudantes responderam a um questionário composto por 27 questões objetivas relacionadas aos mesmos conceitos. Os alunos manifestaram diversas dificuldades conceituais que podem ser provenientes das explicações insuficientes apresentadas nos livros.

Cullen e Pentecost (2011) defendem a mesma ideia de que as concepções alternativas manifestadas pelos alunos podem ser provenientes de explicações insuficientes e equivocadas publicadas em materiais didáticos, mas também relaciona às dificuldades conceituais manifestadas por professores. Segundo os autores, professores usam, diariamente, linguagens que podem levar a múltiplos significados, como o exemplo exposto por De Jong, Acampo e Verdonk (1995), em que professores citam o cobre em vários momentos sem especificar se está se referindo ao cobre metálico ou aos íons cobre.

Lima e Marcondes (2005), em um curso de formação continuada de professores que buscou promover a realização e análise de atividades experimentais, identificaram dificuldades conceituais dos professores sobre o conteúdo de eletroquímica. O curso realizado teve duração de 90 horas e foi oferecido a professores de Química da Rede Pública do Estado de São Paulo. Os professores foram convidados a comparar atividades elaboradas dentro de uma concepção tradicional com as de caráter investigativo, a explicitar e analisar os objetivos de aprendizagem que poderiam ser alcançados com a realização de experimentos e a elaborar ou modificar atividades para o ensino visando a aprendizagem significativa.

As informações foram coletadas com a aplicação de diversos instrumentos, como questionários, mapas conceituais e entrevistas e a análise enfocou três aspectos: conhecer as ideias prévias dos estudantes, apresentar situações que possam gerar conflitos cognitivos ou desestabilizar crenças e prover dados para a análise que possibilitem explorações conceituais. Mas, no decorrer dos encontros, perceberam que os professores apresentavam dificuldades conceituais, então, foram dados, sempre que necessário, fundamentos teóricos sobre alguns conteúdos de eletroquímica para que as dificuldades não se tornassem uma barreira para possíveis mudanças no processo de ensino-aprendizagem. Algumas dessas dificuldades foram superadas no decorrer dos encontros, como conceitos de pilha de concentração, condutibilidade elétrica em solução, ionização e dissociação, porém outras dificuldades ainda persistiram, o que, segundo as autoras, pode sugerir mais investigações para esclarecer as razões de tal persistência.

Goes, Fernandez e Agostinho (2016) realizaram uma investigação durante um curso de quarenta horas, para um grupo de 21 professores do Ensino Médio de escolas da cidade de São Paulo. Foi utilizado um questionário e as respostas às questões foram utilizadas para o planejamento do curso. O questionário era composto por 11 perguntas abertas, que abordavam conceitos básicos de eletroquímica, tais como: reação de oxirredução, oxidante, redutor, eletrodo, pilha, célula eletrolítica, ponte salina e força eletromotriz. As respostas foram classificadas como correta, parcialmente correta, errada e não respondida e foram identificadas concepções semelhantes àquelas manifestadas pelos alunos nos trabalhos aqui citados.

Dois professores manifestaram definições incorretas sobre reações de oxirredução, apontando como sendo aquelas que produzem corrente elétrica ou considerando-as como reações que necessitam de oxigênio para ocorrer. Sobre a definição do termo oxidante, mais da metade das respostas foram incorretas, pois consideravam-no como sendo: elemento que quebra ligação, perde elétron, polo positivo, aumento do NOX, provoca redução e ânodo. O mesmo aconteceu com o termo redutor. Com o termo eletrodo, as informações foram mais alarmantes, pois nenhuma das respostas foi considerada correta, prevalecendo o conceito comum, encontrado em livros didáticos, de que o eletrodo é qualquer placa de um condutor eletrônico, seja de metal ou de grafite. Sobre a definição do termo pilha, apenas nove professores o definiram corretamente, enquanto os demais indicaram como sendo: dispositivo que conduz elétron, acumulador de carga elétrica, troca de elétron, conduz corrente. Sobre os termos célula eletrolítica e ponte salina, apenas dois professores responderam corretamente, enquanto os demais consideraram o primeiro termo como sendo composta por polo positivo e negativo, uma

pilha e local onde se armazena elétron, já a ponte salina foi considerada como local onde se transforma ácido em sal, água salgada colocada nos eletrodos e local onde se tem fluxo de elétrons. Por fim, sobre o entendimento de força eletromotriz de uma pilha, apenas um professor explicou corretamente.

As autoras concluíram que os professores apresentam dificuldades em relação aos conceitos básicos do conteúdo de eletroquímica e tais conclusões vão ao encontro do que se identifica em pesquisas relacionadas às dificuldades dos alunos. Assim, pode-se notar uma universalização das dificuldades conceituais relacionadas à eletroquímica, bem como sua manifestação tanto por alunos quanto por professores, embora estudos sobre as concepções dos professores sejam, ainda, escassos.

5.2.2 Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de equilíbrio químico.

No Currículo de Química do Estado de São Paulo, o equilíbrio químico é tratado durante os 1º e 2º bimestres da 3ª série do ensino médio, no contexto da produção da amônia. As habilidades elencadas são:

- Reconhecer que existem transformações químicas que não se completam, atingindo um estado chamado de equilíbrio químico, em que reagentes e produtos coexistem.
- Identificar transformações químicas que entraram em equilíbrio químico pela comparação entre dados tabelados referentes ao rendimento real e ao estequiometricamente previsto dessas transformações.
- Aplicar os conhecimentos referentes às influências da pressão e da temperatura na rapidez e na extensão de transformações químicas de equilíbrio para escolher condições reacionais mais adequadas.
- Reconhecer os fatores que alteram os estados de equilíbrio químico: temperatura, pressão e mudanças na concentração de espécies envolvidas no equilíbrio.
- Interpretar a constante de equilíbrio como uma relação que indica as concentrações relativas de reagente e produtos que coexistem em equilíbrio dinâmico.
- Saber construir a equação representativas da constante de equilíbrio de uma transformação química balanceada.
- Prever modificações no equilíbrio químico causadas por alterações de temperatura, observando as entalpias das reações direta e inversa.
- Prever como as alterações nas pressões modificam equilíbrios envolvendo fases líquidas e gasosas (solubilidade de gases em líquidos). (SÃO PAULO, 2012, p. 145-148).

Tal conteúdo é apontado por muitos professores como sendo difícil de ser ensinado pelo professor e de ser compreendido pelo aluno (BEDIN; CASSOL, 2016) e, como

consequência, estudos vêm apontando concepções alternativas identificadas tanto em alunos quanto em professores.

Raviolo e Martínez-Aznar (2003) realizaram um trabalho de revisão para identificar as dificuldades de alunos acerca do conteúdo de equilíbrio químico e as classificaram como:

- Conceitos prévios necessários para o estudo de equilíbrio químico: confusão entre os conceitos de quantidade e concentração; confusão entre coeficiente estequiométrico e quantidades presentes em uma reação; não compreensão de reversibilidade; dificuldades matemáticas (HUDDLE; PILLAY, 1996).
- Características de um sistema em equilíbrio químico: não admissão da coexistência das espécies; compartimentalização do equilíbrio; comportamento pendular; equilíbrio como sendo estático (VAN DRIEL, et al., 1998; ÖZMEN, 2008).
- Linguagem, simbolismo empregado e constante de equilíbrio: associação do termo equilíbrio a uma igualdade ou imobilidade; interpretação incorreta da dupla seta; desconhecimento das variações da constante de equilíbrio frente a mudanças de temperatura (JOHNSTONE; MACDONALD; WEBB, 1977).
- Aplicação do Princípio de Le Chatelier: uso inapropriado do princípio; não consideração de todos os fatores que afetam o equilíbrio; manifesta que o aumento da concentração de um reagente provoca o aumento da velocidade da reação direta, produzindo um aumento na concentração dos produtos (BARKER, 2001; ÖZMEN, 2008; SÖZBILIR; PINARBASI; CANPOLAT, 2010; GOMES; MAXIMIANO, 2011).
- Velocidade da reação: confusão entre velocidade e extensão; as taxas de reação aumentam, simultaneamente, à medida que o equilíbrio se aproxima; após ter iniciado a reação, a velocidade da reação direta aumenta com o tempo e a velocidade da reação inversa diminui, até que o equilíbrio seja alcançado; a reação inversa inicia quando a reação direta se completa (FURIÓ; CALATAYUD, 2000; BARKER, 2001; TEIXEIRA Jr., 2009).
- Catalisadores: o catalisador não afeta a reação inversa; diminui a velocidade inversa e produz maior proporção de produtos em uma amostra em equilíbrio (RAVIOLO; MARTÍNEZ-AZNAR, 2000, 2005; ÖZMEN, 2008).
- Equilíbrio heterogêneos: incompreensão do papel do sólido; consideram que a adição de mais sólido modifica o equilíbrio (FURIÓ; CALATAYUD, 2000; ÖZMEN, 2008).

Assim como identificado com relação ao conteúdo de eletroquímica, Raviolo e Martínez-Aznar (2003) apontam que a revisão levou em consideração pesquisas realizadas com alunos de mais de 15 países, o que comprova certa universalidade nas concepções alternativas

e que, muitas das concepções estão presentes em diferentes níveis educativos. Apontam, ainda, que esses resultados servem como prova de que o ensino constituído por exposições teóricas em que o aluno atua passivamente, resolução de problemas algorítmicos e atividades experimentais sem problematização não se mostram eficazes na superação dessas concepções. Além disso, tais concepções são semelhantes às aquelas identificadas em trabalhos mais recentes, como os realizados por Özmen (2008), Teixeira Jr. (2009) e Gomes e Maximiano (2011).

Mas, tais dificuldades não são exclusivas dos alunos, pois professores têm manifestado concepções semelhantes. Cheung (2009) aponta o efeito adverso do Princípio de Le Chatelier para o entendimento de equilíbrio químico, o quanto pode levar a previsões incorretas sobre o efeito da mudança na concentração, no volume, na pressão ou na temperatura de sistemas em equilíbrio químico. Em um estudo realizado com 33 professores, no qual os participantes deveriam resolver três problemas de equilíbrio químico, ficou evidente que a maioria deles apresenta dificuldades conceituais. Somente três professores conseguiram responder corretamente a primeira questão e quatro responderam corretamente a segunda, ambas relacionadas à mudança de concentração. Com relação a terceira questão, referente à variação de volume, somente dois professores conseguiram explicar de maneira adequada.

5.2.3 Dificuldades conceituais e concepções alternativas relacionadas ao conteúdo de cinética química.

O conteúdo de cinética química proporciona ao aluno do ensino médio o entendimento de que as reações químicas podem ocorrer em diferentes velocidades e que é possível controlar essa velocidade, conforme a necessidade, modificando certos fatores, como a temperatura, a pressão, a concentração dos reagentes, a superfície de contato ou com o uso do catalisador.

No Currículo de Química do Estado de São Paulo, o ensino de cinética química é apresentado ao longo do 1º bimestre da 3ª série do ensino médio, com o tema “atmosfera como fonte de materiais para uso humano”. Nesse momento, espera-se que o professor proporcione aos seus alunos oportunidades para que desenvolvam as seguintes habilidades:

- Reconhecer e explicar como funcionam as variáveis (estado de agregação, temperatura, pressão, concentração e catalisador) que podem modificar a velocidade (rapidez) de uma transformação química.
- Reconhecer a orientação e a energia de colisão como fatores determinantes para que ocorra uma colisão efetiva.
- Reconhecer que transformações químicas podem ocorrer em mais de uma etapa e identificar a etapa lenta de uma transformação química como a determinante da velocidade com que ela ocorre.

- Relacionar a energia de ativação da etapa lenta da transformação química com a velocidade com que ela ocorre.
- Fazer previsões qualitativas sobre como composições de variáveis podem afetar as velocidades de transformações químicas, usando modelos explicativos (SÃO PAULO, 2012, p. 145).

Para que o professor promova o desenvolvimento dessas habilidades, é necessário que aborde em suas aulas o conceito de velocidade de reação, de variáveis que podem modificar a velocidade de uma reação e os modelos microscópicos para explicar tais influências. Contudo, percebe-se que no ensino médio o conhecimento relacionado à cinética química não está relacionado a um modelo teórico, estando, muitas vezes, restrito a realizações de experimentos sem explicações microscópicas (MARTORANO, 2012).

Martorano (2012) relata que o tema tem sido apontado por professores do ensino médio como sendo de difícil abordagem devido ao caráter empírico e abstrato dos conceitos envolvidos. Em sua pesquisa ofereceu um curso de formação continuada para vinte professores de química, em que foi apresentado o tema cinética química na perspectiva do desenvolvimento histórico, permitindo melhor compreensão do contexto no qual os conceitos foram desenvolvidos. Baseando-se na perspectiva de Lakatos, foram construídos modelos de ensino de cinética química a partir das ideias dos professores, procurando verificar possíveis evoluções desses modelos, uma vez que as evoluções estão relacionadas ao entendimento dos conteúdos específicos. Nos resultados, pôde notar que os modelos de ensino dos professores estavam baseados, principalmente, nos aspectos macroscópicos da cinética química, como os fatores que influenciam na velocidade de uma reação química, enquanto os aspectos microscópicos eram presentes nos modelos de poucos professores.

Tal ensino insuficiente pode estar relacionado às diversas concepções alternativas manifestadas por alunos. Justi e Ruas (1997) apontam que a maioria dos alunos apresenta ideias confusas a respeito do que é e de como se processa uma reação química e que suas ideias, muitas vezes, se resumem em descrições macroscópicas do fenômeno ou são fundamentadas em uma concepção contínua da matéria. Assim, em um trabalho de pesquisa, investigaram as ideias de alunos da 2ª série do ensino médio, antes do ensino de cinética, a respeito da descontinuidade da matéria, da concepção de reação química e da dinamicidade do processo de ocorrência de uma reação química. Posteriormente, analisaram as ideias que esses alunos elaboraram, durante o ensino de cinética química, para explicar as diferenças de velocidades das reações químicas. Por fim, analisaram se a concepção de matéria influencia na aprendizagem de cinética.

As informações foram coletadas por meio de cinco atividades em que os alunos deveriam se expressar por escrito ou por desenhos. Sobre reação química, as ideias manifestadas foram:

- As substâncias originais desaparecem, dando lugar às novas substâncias. As novas substâncias, por sua vez, aparecem porque se deslocam de um determinado lugar.
- O movimento das partículas envolvidas em uma reação química não é considerado.
- Atribuem às substâncias participantes da reação a responsabilidade pela velocidade do processo.
- Algumas reações possuem partículas mais agitadas que outras.

Pode-se notar que a causa da diferença de velocidade das reações químicas é atribuída às substâncias, ao sistema e à própria reação química.

Kaya e Geban (2012) realizaram uma pesquisa com 69 alunos do ensino básico, em que pretendiam analisar a aprendizagem de conceitos relacionados à cinética química por meio de dois métodos de ensino: um tradicional e outro baseado na mudança conceitual acompanhada por demonstrações. Para analisar a aprendizagem dos alunos, foram realizados pré e pós testes compostos por 25 questões objetivas e que tinham como objetivo identificar concepções alternativas já apontadas na literatura. Algumas das concepções alternativas consideradas foram relacionadas à:

- Definição de rapidez da reação: é o tempo entre o início e o final da reação ou o número de átomos colidindo em uma unidade de tempo.
- Concentração: quando a concentração de uma substância aumenta a reação química acontece mais rapidamente porque aumenta a energia cinética ou porque aumenta a superfície de contato; a rapidez da reação independe da concentração dos reagentes; a concentração dos produtos e a rapidez da reação aumentam à medida que a reação ocorre.
- Temperatura: a reação ocorre mais devagar com o aumento da temperatura; a mudança da temperatura não afeta a rapidez da reação.
- Catalisador: é uma substância intermediária que participa de uma reação como reagente, mas sai sem afetar a reação.
- Todas as colisões entre gases resultam em reação química

Os resultados apontaram que os alunos manifestam diversas concepções alternativas e que estas são um obstáculo para a integração de novos conceitos aos já existentes. Por outro

lado, estratégias de ensino que se distanciem do ensino tradicional favorecem a promoção do entendimento dos conceitos químicos.

Cakmakci (2010) realizou um estudo com 108 alunos do ensino básico e 83 alunos do curso de licenciatura em química, sendo 48 alunos do primeiro ano e 35 alunos do terceiro ano. As concepções alternativas manifestadas foram semelhantes às indicadas nos trabalhos de Justi e Ruas (1997) e Kaya e Geban (2012). Os alunos do ensino básico e do primeiro ano da graduação manifestaram maiores dificuldades que os alunos do terceiro ano da graduação, porém, algumas concepções alternativas persistem ao longo do ensino superior e, como consequência, após formados, começam sua carreira com um entendimento conceitual limitado.

Mas, acreditamos que os saberes necessários ao professor podem ser reelaborados e repensados durante toda sua trajetória, uma vez que, como pensam Nóvoa⁵ (2001 *apud* VAGULA, 2005) e Vagula (2005), o processo de formação de professores deve ser compreendido como um contínuo que vai desde seu ingresso na escola, enquanto aluno, até o final de sua trajetória profissional. Assim, vemos nas atividades de formação continuada em grupos colaborativos uma oportunidade para que o professor repense e supere suas necessidades formativas. Com isso, na seção seguinte, são apresentados trabalhos de pesquisa relacionados à formação continuada na perspectiva da colaboração.

5.3 Pesquisas sobre grupos colaborativos.

Trabalhos realizados com grupos colaborativos vêm aumentando e acontecendo em diversas áreas, tanto relacionadas à educação de jovens e adultos, educação infantil e gestão escolar, quanto em disciplinas específicas, dentre elas a de Química, como aponta Santos Jr. (2014). Esse mesmo autor, em sua tese de doutorado, pesquisou como um grupo colaborativo poderia contribuir para o processo de desenvolvimento profissional de professores de Química de escolas públicas da cidade de São Paulo. O grupo se organizou sob a forma de Atividade de Trabalho Pedagógico Colaborativo (ATPC) e para a coleta de informações foram utilizados inventários, entrevistas semiestruturadas e os estágios do processo colaborativo. O autor concluiu que o grupo colaborativo favoreceu a reestruturação do pensamento docente e a problematização de suas práticas. Ressaltou ainda, que durante os encontros os docentes

⁵ NÓVOA, A. Professor se forma na escola. Revista Nova Escola, São Paulo, n.142, maio 2001. Entrevista concedida a Paola Gentile

puderam aprofundar alguns conhecimentos, construir novas aprendizagens e ampliar seu repertório de atividades.

Figueiredo (2008) estudou o envolvimento de professores de química em um grupo colaborativo que tinha como objetivo promover o desenvolvimento dos conhecimentos deles sobre modelos e modelagem no ensino de química. Os encontros se dividiram em dois momentos: a instrução dos professores sob uma perspectiva construtivista e a realização de uma pesquisa-ação colaborativa que envolveu a elaboração de uma estratégia de ensino, sua aplicação em sala de aula e posterior reflexão. Os dados indicaram que as professoras demonstraram evolução significativa em seus conhecimentos e que suas práticas sofreram mudanças, estando associadas aos vários momentos de reflexão durante os encontros do grupo colaborativo.

Moura (2010), também com professores de Química do Ensino Médio, procurou analisar a possibilidade de desenvolvimento de um trabalho colaborativo como espaço de formação continuada que promovesse reflexão e estudo, com foco no aumento do nível de conhecimento desse grupo e reelaboração de sua prática. A autora chama atenção para o papel do pesquisador no grupo que, ao mesmo tempo em que é integrante, precisa identificar o nível de desenvolvimento dos participantes para intervir quando necessário. Além disso, ressalta que uma atividade dada pelo pesquisador pode ser interpretada como uma tarefa imposta, por isso deve ser sugerida por ele ou por qualquer outro membro do grupo para que possa ser aceita. Por fim, conclui que o grupo foi favorável para a formação continuada e que os professores se mostraram satisfeitos por terem participado.

Lima (2016), durante encontros quinzenais com professores de Química, se propôs investigar como a participação do professor em um grupo colaborativo poderia contribuir para o aprofundamento de suas reflexões sobre o ensino de Química, tendo em vista uma análise crítica do atual currículo e de seu desenvolvimento em sala de aula. Durante dez encontros, os professores se reuniram para superar suas dificuldades e aprofundar seus conhecimentos sobre contextualização, experimentação e interdisciplinaridade, eixos preconizados no atual currículo. As informações foram coletadas por meio da gravação de vídeo e atividades realizadas pelos professores, sendo possível notar que os participantes apresentavam dificuldades quanto à compreensão e utilização do atual currículo de Química do Estado de São Paulo em suas práticas em sala de aula. Os professores enxergavam o currículo como sendo um conjunto de conteúdos e pouco sabiam sobre os eixos que o compunham. Mas, durante os encontros, foi sendo notada a superação dessas concepções, de modo que as atividades

realizadas contribuíram para a consolidação do entendimento sobre contextualização e para a ampliação dos conhecimentos sobre experimentação e interdisciplinaridade.

Souza (2016), durante os anos de 2012 e 2017, realizou 38 encontros com um grupo colaborativo composto por 24 professores de Química da região sul da cidade de São Paulo. Paralelamente aos encontros, o pesquisador realizou encontros individuais de tutoria. Tanto no grupo, quanto na tutoria, os professores definiram os conteúdos que queriam discutir e as atividades que gostariam de realizar. As informações foram coletadas com as gravações dos encontros do grupo colaborativo e dos encontros de tutoria, questionários, notas de campo, entrevistas semiestruturadas e protocolo de observação de aulas. O desenvolvimento profissional foi analisado considerando as necessidades formativas dos professores de ciências, os obstáculos ao desenvolvimento do professor e suas intenções comportamentais com relação à experimentação, contextualização e interação dialógica nas aulas. Os resultados indicaram que, tanto a tutoria quando o grupo colaborativo, promovem o desenvolvimento profissional, pois possibilitam aos professores que rompam o isolamento profissional, compartilhem suas experiências de ensino, reflitam sobre os problemas enfrentados em sala de aula e busquem soluções para tais.

Ao final desta revisão é possível notar as diversas dificuldades que os professores têm a superar para que possam exercer sua profissão com qualidade. Com relação às dificuldades conceituais, embora muitos trabalhos apontem concepções alternativas e equivocadas que os alunos vêm manifestando há anos, são escassas as pesquisas voltadas às dificuldades dos professores. Por outro lado, os poucos autores que realizaram tais investigações relatam semelhanças entre as dificuldades manifestadas por ambos. Assim, fazem-se necessárias pesquisas voltadas às dificuldades dos professores e atividades de formação continuada que favoreçam um ambiente de reflexão, troca de experiências e busca coletiva pela superação dessas dificuldades, como o que ocorre em atividades de formação continuada na perspectiva da colaboração.

6. METODOLOGIA

Esta pesquisa faz parte de um projeto mais amplo que vem sendo desenvolvido por outros pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Educação Química – GEPEQ - sobre grupos colaborativos formados com professores da rede estadual paulista de ensino. O grupo colaborativo no qual o estudo foi realizado contou com a colaboração de doze docentes que já participavam de outros grupos com as mesmas pesquisadoras e que passaram a se encontrar para discutir conceitos químicos considerados difíceis e compartilhar experiências de ensino, com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade de suas aulas.

Para orientar as discussões durante os encontros foram elaboradas diversas atividades, entre elas questionários e listas de exercícios, sendo todos os encontros gravados em áudio e vídeo. Paralelamente, aconteceram entrevistas semiestruturadas também gravadas em áudio e, quando o docente se sentia à vontade, com gravação em vídeo.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, que não requer o uso de técnicas e métodos estatísticos, uma vez que a preocupação maior é com a interpretação dos fenômenos (GODOY, 1995), considerando as reflexões e discussões desenvolvidas e as declarações dadas nas atividades realizadas no decorrer da pesquisa.

Para a análise da compreensão conceitual foi utilizada a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin, Reto e Pinheiro (2010), seguindo as etapas de: pré-análise, para a organização do material, transcrição das entrevistas, levantamento de hipóteses; exploração do material com a criação das categorias; tratamento dos resultados. Além disso, foram utilizadas categorias propostas por Santos Jr. (2014) para a análise das discussões desenvolvidas nos encontros do grupo.

Assim, neste capítulo é detalhada a maneira pela qual foi constituído o grupo colaborativo que faz parte desta pesquisa, bem como a caracterização dos professores colaboradores e o contexto no qual estão inseridos. São apresentados e detalhados os encontros e os instrumentos elaborados e, por fim, as categorias utilizadas para a análise das informações coletadas.

6.1. A constituição do grupo colaborativo

O grupo colaborativo foi constituído por uma pesquisadora do GEPEQ - que não a responsável por este trabalho - a partir do interesse de professores que participaram de uma atividade de formação continuada, no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Esses

professores demonstraram interesse em realizar uma análise crítica do atual currículo e seu desenvolvimento em sala de aula. Respeitando o interesse dos professores, foi pensado em um grupo colaborativo que procurasse aprofundar o estudo dos cadernos de orientação aos professores, pois entendemos esse material como uma das possibilidades de tradução do currículo do Estado, de forma que permite o estudo dos tópicos curriculares.

A proposta foi divulgada em diversas diretorias de ensino da região metropolitana de São Paulo, sendo a participação aberta aos demais professores da rede estadual. Dessa forma, foi constituído um grupo colaborativo, formado por dez docentes, que iniciou seus encontros no primeiro semestre de 2014. Os encontros aconteciam quinzenalmente, em um período de 3 a 4 horas, aos sábados, no Instituto de Química na Universidade de São Paulo.

Paralelo a este, foi formado um segundo grupo, com professores da Diretoria de Ensino da Região Sul 3. A escolha dessa diretoria aconteceu pelo interesse desses professores e do Professor Coordenador do Núcleo Pedagógico (PCNP) em participar, porém com a impossibilidade de se encontrarem aos sábados no IQ-USP naquele semestre. Outro motivo foi o fato de uma das pesquisadoras residir na região, já ter lecionado em escolas pertencentes a essa diretoria e assim, conhecer a série de problemas que enfrenta, como a falta de professores, docentes sem formação específica, escolas de difícil acesso e grande número de alunos. Os encontros desse grupo aconteciam também quinzenalmente, porém às segundas-feiras, na Diretoria de Ensino da Região Sul 3, com a presença voluntária de quatro professores.

A pesquisadora responsável por este trabalho participou desde o início dos encontros dos grupos colaborativos, com o intuito de identificar os conhecimentos manifestos com relação aos conceitos prescritos no currículo de Química e reconhecer possíveis dificuldades conceituais e didáticas no que se refere a esses conteúdos. Com os depoimentos dos professores durante os encontros, as declarações dadas em questionários e durante as entrevistas realizadas paralelamente aos encontros, foi possível identificar os conteúdos que os professores apresentavam maior dificuldade e, superficialmente, de que maneira essa dificuldade influenciava em suas estratégias em sala de aula.

Uma vez identificadas essas dificuldades conceituais e com o término das discussões propostas inicialmente, os professores demonstraram interesse em manter os encontros, porém com foco em suas dificuldades conceituais, com o intuito de buscar um aprofundamento conceitual. Outro desejo manifestado pelos professores foi o de unir os dois grupos por acreditarem conseguir maior troca de experiências e reflexões. Assim, no segundo semestre de 2014, os professores da Diretoria de Ensino da Região Sul 3 passaram a se encontrar com os

demais no IQ-USP. Nesse segundo momento, o grupo continuou a contar com a colaboração das duas pesquisadoras e doze docentes, sendo estes últimos os sujeitos colaboradores desta pesquisa. Cabe ressaltar que todos os participantes assinaram o termo de autorização para a utilização das gravações em áudio e vídeo e de todo material produzido durante os encontros do grupo colaborativo, de forma gratuita e espontânea (Apêndice A).

6.2. Caracterização dos sujeitos colaboradores da pesquisa

Embora todos os docentes participantes desta investigação fossem licenciados em Química, podemos notar no Quadro 2 que se tratava de um grupo bastante heterogêneo no que se refere a idade e tempo de docência. O grupo era composto tanto por professores recém-formados quanto por professores com vários anos de atuação docente, tendo todos eles, consideráveis carga-horárias semanais.

Quadro 2. Características dos professores participantes do grupo colaborativo.

Professor	Idade	Tempo de docência em anos	Efetivo na Rede	Número de aulas semanais em 2014	Atua na rede privada
P1	41	2	Sim	22	Não
P2	43	5	Não	32	Não
P3	35	3	Não	18	Não
P4	52	7	Sim	30	Não
P5	42	6	Sim	22	Não
P6	40	13	Sim	0 ⁶	Não
P7	38	3	Não	28	Não
P8	29	4	Sim	26	Sim
P9	32	11	Sim	26	Não
P10	36	6	Não	32	Não
P11	55	24	Sim	22	Não
P12	33	9	Não	22	Sim

Fonte: Elaborado pela autora.

⁶ Vem atuando como Professor Coordenador do Núcleo Pedagógico - PCNP

Os docentes atuavam em escolas estaduais de diversas diretorias de ensino da cidade de São Paulo, como ilustrado na Figura 2, e também da região metropolitana, como a Diretoria de Ensino de São Bernardo do Campo.

Figura 2. Mapa das Diretorias de Ensino da cidade de São Paulo. As diretorias com o marcador se referem às dos professores participantes.

Fonte: http://www.educacao.sp.gov.br/central-de-atendimento/Map_Cap_Diretoria.asp. Acesso em: 06/07/2015.

Mesmo se tratando de profissionais atuantes em diferentes regiões, o IDESP (Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo), indicador que avalia a qualidade das escolas estaduais, nos permite apontar quão semelhantes podem ser os contextos nos quais esses professores estão inseridos. O Quadro 3 apresenta, no que se refere ao Ensino Médio, em 2013, o IDESP das diretorias de ensino nas quais os professores atuam, e o valor médio para o município de São Paulo e para o estado de São Paulo.

Quadro 3. IDESP de 2013 referente ao Ensino Médio das Diretorias de Ensino dos professores colaboradores, bem como do município e Estado de São Paulo.

Local	IDESP
Diretoria de Ensino Norte 1	1,21
Diretoria de Ensino Leste 4	1,40
Diretoria de Ensino Leste 1	1,42
Diretoria de Ensino Sul 3	1,54
Diretoria de Ensino Norte 2	1,57
Diretoria de Ensino Centro Sul	1,64
Diretoria de Ensino de São Bernardo do Campo	1,93
Diretoria de Ensino Centro Oeste	2,24
Município de São Paulo	1,49
Estado de São Paulo	1,83

Fonte: http://idesp.edunet.sp.gov.br/boletim_escola2013.asp?ano=2013. Acesso em: 05/07/2015.

Pode-se notar que o índice apresentado na maioria dessas diretorias de ensino, foi inferior ao índice do Estado de São Paulo. Isso pôde favorecer aos professores o compartilhamento de suas dificuldades e angústias, ao passo que a troca de experiências também pôde acontecer entre eles e os professores atuantes nas diretorias com o índice mais elevado.

6.3. Descrição da pesquisa

A coleta das informações teve duração de dois semestres. No primeiro semestre de 2014, como já detalhado anteriormente, as pesquisadoras participaram dos encontros de dois grupos colaborativos, que no segundo semestre de 2014 vieram a se unir. Os encontros do primeiro semestre tinham duração de 3 horas, quinzenais, sendo os demais com duração de 4 horas. Todas as datas, horários e número de encontros para cada assunto foram estabelecidos em consenso com os professores, levando em consideração o calendário escolar e o nível de dificuldade de cada assunto. A Figura 3 apresenta a organização dos encontros.

Figura 3. Organização dos encontros dos grupos colaborativos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Durante a primeira etapa da pesquisa foi possível identificar dificuldades conceituais por parte dos professores participantes. A partir do quinto encontro, ainda da primeira etapa, foi realizada uma entrevista com cada um dos professores a fim de identificar, inicialmente, de que maneira essas dificuldades conceituais influenciavam no planejamento de suas aulas. O roteiro da entrevista encontra-se como Apêndice B.

Ainda, sobre a primeira etapa da pesquisa, no décimo encontro, os professores realizaram uma atividade (Apêndice C) composta por quadros que trazem os conteúdos presentes no Currículo do Estado de São Paulo e que devem ser estudados pelos alunos durante os três anos do Ensino Médio. Para cada um dos conteúdos os professores assinalaram uma das três opções, sendo elas: fácil, quando não apresentam dificuldades conceituais; algumas dificuldades, quando apresentam dificuldades conceituais que não os impedem de abordar o

conteúdo em suas aulas; difícil, quando apresentam dificuldades conceituais que os impedem de tratar o conteúdo em sala de aula. Essa atividade foi planejada pois, durante os encontros, os professores vinham indicando que os conteúdos não tratados durante as aulas eram, muitas vezes, aqueles nos quais apresentavam dificuldades conceituais.

Assim, as respostas indicadas na atividade, as declarações feitas nas entrevistas e as manifestações de dificuldades durante a primeira etapa dos encontros foram comparadas e permitiram selecionar alguns conteúdos para serem tratados nos próximos encontros, escolha esta realizada em consenso com os professores. Assim, essa primeira etapa da pesquisa, que possibilitou o levantamento de algumas dificuldades conceituais para serem discutidas em um segundo momento, não será analisada em profundidade, cabendo essa análise apenas aos encontros da segunda etapa da pesquisa.

6.4. Descrição dos encontros e dos instrumentos de coleta de informações

Os conteúdos escolhidos pelos professores participantes do grupo colaborativo para iniciar as discussões da segunda etapa da pesquisa, e que serão analisados neste trabalho, foram: eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química. Como característica do grupo colaborativo, não ficou estabelecido quantidade de encontros para discutir cada conteúdo, mas sim que as discussões aconteceriam até que considerassem suficientes. A segunda etapa da pesquisa teve, então, seis encontros dos quais os três primeiros foram dedicados à eletroquímica, os dois seguintes ao equilíbrio químico e o último à cinética química. Todos os instrumentos de coleta de informação foram discutidos e validados pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ). Além disso, como os professores relataram usar os cadernos de orientação ao professor, as atividades presentes nesse material também serviram de instrumento para as discussões durante os encontros do grupo. Os seis encontros, bem como os instrumentos utilizados para a coleta das informações, estão detalhados a seguir.

Primeiro Encontro: Identificação das dificuldades sobre o conteúdo de eletroquímica

O encontro iniciou com uma apresentação dos participantes, já que foi o primeiro depois da união dos grupos. As discussões foram iniciadas com a análise de um esquema que relacionava os principais conceitos de eletroquímica (Figura 4) e que propiciou a cada professor refletir e apontar suas dificuldades e facilidades.

Figura 4. Esquema envolvendo conceitos de eletroquímica.

Fonte: Elaborado pela autora.

Pensando na possibilidade de os docentes ficarem intimidados com a presença de novos colegas e não conseguirem expor suas dificuldades, foi sugerida a montagem de uma pilha de Daniell e a realização de um processo de eletrólise⁷. Durante a realização dos experimentos, o grupo refletiu sobre algumas questões, podendo registrar seus comentários em um questionário que continha as indagações (Apêndice D):

- Você utilizaria esses experimentos em sala de aula?
- Você considera os experimentos fáceis de serem realizados em sala de aula ou considera que seus alunos teriam alguma dificuldade?
- Você sentiu alguma dificuldade ao realizar e entender os experimentos?

Os experimentos promoveram um momento descontraído para discussão entre os professores, que os realizaram em grupos menores. Em seguida, sentiram-se à vontade para compartilhar suas reflexões apontando dificuldades e facilidades e optando por discutir alguns conceitos básicos de eletroquímica que consideravam confusos.

Segundo Encontro: Discussão sobre o conteúdo de eletroquímica e as situações de aprendizagem

Foi elaborado, pela pesquisadora, um seminário, que tinha como objetivo apresentar os conceitos básicos de eletroquímica, com questões que promovessem reflexão e discussão. Tendo consciência do nível de dificuldade do tema e do tempo necessário para a aprendizagem de seus conceitos, o objetivo da apresentação não foi ministrar uma aula teórica aos professores, mas permitir um momento de reflexão, discussão e familiarização com alguns conceitos para dar início à superação das dificuldades.

Para dar sequência às discussões, os professores procuraram analisar de que maneira o conteúdo de eletroquímica é tratado nos cadernos de orientação. Essa discussão foi pautada nas duas Situações de Aprendizagem intituladas como “*Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade*” e “*Estudando o processo da eletrólise*”, ambas presentes no Volume 2 do caderno de orientação para a 2ª Série do Ensino Médio⁸.

⁷ Disponível em: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. *Interações e Transformações III: A Química e a Sobrevivência: Fonte de Materiais: Química para o Ensino Médio: Livro do Aluno/Guia do Professor*. São Paulo: Edusp, 1998.

⁸ SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor; química, ensino médio, 2ª série / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambo, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteado Lamas, Yvone Mussa Esperidião. V. 2, 96 p. São Paulo: SE, 2014.

Os professores receberam os roteiros experimentais sugeridos pelo material com as questões relacionadas (Anexo A) e um instrumento elaborado em conjunto com a outra pesquisadora participante do grupo (LIMA, 2016), no qual deveriam indicar se usam ou não cada uma das situações, se as modificam ou se as substituem, detalhando sua escolha (Anexo B). Dessa forma, seria possível entender como o tema é tratado em sala de aula, além das manifestações de dúvidas e opiniões.

Terceiro Encontro: Discussão sobre o conteúdo de eletroquímica e as situações de aprendizagem

Nesse encontro foi dada continuidade à discussão das Situações de Aprendizagem, seguindo a ideia anterior, agora com as intituladas “*Como funcionam as pilhas*” e “*Impactos ambientais relacionados ao uso de pilhas e baterias e ao processo de eletrólise*”. Terminadas essas discussões os professores refletiram sobre a contribuição dos três encontros, se haviam sido suficientes para tratar o conteúdo de eletroquímica ou se gostariam de revisar em algum outro momento e se, aqueles professores que não abordavam o conteúdo passariam a abordá-lo. O questionário que direcionou essa reflexão encontra-se no Apêndice E.

Houve uma decisão coletiva de que no próximo encontro seria dado início às discussões sobre equilíbrio químico. Mas que, para finalizar o conteúdo de eletroquímica, iriam elaborar uma sequência de ensino sobre o mesmo (Apêndice F), considerando os conceitos a serem abordados e as habilidades a serem desenvolvidas e, a partir da sequência, escolheriam uma aula para ser planejada.

Essa atividade foi iniciada no encontro e pôde ser finalizada em casa. Mas, durante seu desenvolvimento, ficou evidente a dificuldade dos professores em pensar em uma sequência de ensino e em planejar uma aula. Muitos transcreveram os índices dos livros. Assim, ficou decidido que, mais adiante, teríamos um encontro para estudar e discutir sobre esse tema.

Quarto Encontro: Discussão sobre o conteúdo de equilíbrio químico

Com o objetivo de conhecer as concepções alternativas manifestadas por alunos do ensino médio e, comumente, apontadas na literatura, e também propiciar um momento de reflexão sobre suas próprias dificuldades e concepções alternativas, os docentes resolveram uma lista de exercícios traduzida do artigo de Özmen (2008). Nesta atividade (Anexo C), os professores escolheram, individualmente, a alternativa e a justificativa que consideravam corretas para cada situação, preencheram um gabarito e entregaram às pesquisadoras.

Posteriormente a isso, receberam um segundo gabarito contendo as respostas corretas e se reuniram em grupos para discutir seus erros e acertos. A ideia era de que um docente pudesse ajudar o outro na conscientização e possível compreensão de suas dificuldades.

Durante as discussões, foi possível perceber a manifestação de algumas concepções alternativas pelos professores, no que se refere a coexistência das espécies. Assim, com o intuito de discutir tais confusões, foi realizado o experimento “*equilíbrio químico entre os gases NO_2 e N_2O_4* ”. Nesse experimento, os professores produziram NO_2 pela interação entre o ácido nítrico concentrado e raspas de cobre e, em seguida, envolvendo o equilíbrio $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$, as discussões voltaram-se às ideias de reversibilidade, extensão de reação e coexistência das espécies.

Quinto Encontro: Discussão sobre o conteúdo de equilíbrio químico e as situações de aprendizagem

Foi realizada uma discussão teórica tratando das principais dificuldades conceituais e concepções alternativas identificadas na literatura e citadas no Capítulo *Revisão de Literatura* deste trabalho. Além disso, durante a discussão, procurou-se identificar as maneiras nas quais o conteúdo é tratado em sala de aula, levantando alguns questionamentos:

- Como o conceito de equilíbrio químico é introduzido em sala de aula? Faz uso de alguma analogia?
- Como explica o fato de algumas reações se completarem e outras não?
- Como aborda a parte quantitativa? É realizada a construção empírica da constante de equilíbrio?
- O fato de uma espécie em estado sólido ou da água como solvente não serem incluídos na expressão da constante de equilíbrio é imposto como uma regra?
- São discutidas as semelhanças entre K_a , K_b , K_c , K_p e K_w durante as aulas?

Analisando o volume 1 do caderno de orientação para a 3ª Série do Ensino Médio⁹, que trata desses conceitos, é possível notar que os conteúdos de equilíbrio químico, cinética química e pH são tratados de maneira correlacionada, com retomada dos conceitos de solubilidade e eletrólise. Considerando isso, os professores receberam um questionário (Apêndice G) que identificava os conteúdos abordados em cada situação de aprendizagem do

⁹ São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor; química, ensino médio, 1ª série / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambo, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteado Lamas, Yvone Mussa Esperidião. V. 1, 136 p. São Paulo: SE, 2014.

volume referido e que os questionava a respeito da sequência trabalhada, se os conteúdos eram abordados da mesma maneira ou tratados isoladamente e, especificamente sobre as situações de aprendizagem de equilíbrio químico, se eram utilizadas ou não, se conceitos e atividades eram incluídas ou eliminadas e, por último, como era tratado o conteúdo de equilíbrio químico em sala de aula.

Sexto Encontro: Discussão sobre o conteúdo de cinética química e as situações de aprendizagem

Nesse encontro os professores se dividiram em três grupos. Cada grupo realizou um dos experimentos relacionados às variáveis que influenciam na rapidez de uma transformação química, que estão presentes no caderno de orientação, e compartilhou suas observações com os demais grupos. Em seguida, os professores propuseram, individualmente, um modelo microscópico¹⁰ para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas, sendo que o modelo deveria explicar a influência das três variáveis observadas – temperatura, concentração e superfície de contato (Apêndice H).

O objetivo dessa atividade foi identificar possíveis dificuldades conceituais dos professores com relação aos aspectos macroscópicos e submicroscópicos do conteúdo de cinética química, dificuldades estas que serviram de subsídio para que fosse realizada uma discussão envolvendo tanto a parte conceitual quanto a didática, com o intuito de entender como o tema é tratado em suas aulas.

Como atividade final, apresentada no Apêndice I, os docentes avaliaram os encontros elencando as dificuldades que apresentavam e que foram superadas com as discussões do grupo; as dificuldades que ainda apresentavam e que gostariam de voltar a discutir e a contribuição das discussões para a sua prática em sala de aula, com o objetivo de identificar as percepções dos professores sobre seu desenvolvimento em relação ao conhecimento químico e suas estratégias de ensino.

O Quadro 4 apresenta uma síntese dos encontros com suas respectivas atividades para coleta de informações e objetivos.

¹⁰ O termo microscópico foi substituído pelo termo submicroscópico para evitar a concepção equivocada de ser possível observar diretamente átomos, moléculas, ligações químicas, utilizando um microscópio óptico (GILBERT; TREAGUST, 2009). Mas, neste trabalho, o termo microscópico foi adotado pelo fato de ter sido usado nos Cadernos de Orientação ao Professor e no Currículo de Química do Estado de São Paulo, materiais estes que fundamentaram esta pesquisa.

Quadro 4. Síntese dos encontros com seus respectivos anexos, apêndices e objetivos.

Encontro	Tema	Atividade para coleta de informações	Objetivo
1	Identificação das dificuldades sobre o conteúdo de eletroquímica	Figura 3 Esquema que relaciona os principais conceitos de eletroquímica	Refletir e apontar dificuldades e facilidades sobre os conceitos de eletroquímica
		Apêndice D Questionário sobre os experimentos	Refletir sobre dificuldades e facilidades no que se refere aos conceitos e ao ensino de eletroquímica por meio da realização atividades experimentais
2	Discussão sobre o conteúdo de eletroquímica e as situações de aprendizagem	Anexo A Questões para análise dos experimentos	Identificar possíveis dificuldades conceituais e didáticas dos professores sobre o conteúdo de eletroquímica e discutir sobre essas dificuldades
		Anexo B Questionário sobre a utilização das situações de aprendizagem	Entender como o tema é tratado em sala de aula
3	Discussão sobre o conteúdo de eletroquímica e as situações de aprendizagem	Apêndice E Avaliação dos encontros sobre eletroquímica	Refletir sobre a contribuição dos três encontros sobre eletroquímica
		Apêndice F Sequência de Ensino	Elaborar uma sequência de ensino de eletroquímica e planejar uma aula
4	Discussão sobre o conteúdo de equilíbrio químico	Anexo C Lista de exercícios	Identificar possíveis dificuldades conceituais e concepções alternativas acerca do conteúdo de equilíbrio químico
5	Discussão sobre o conteúdo de equilíbrio químico e as situações de aprendizagem	Apêndice G Questionário sobre a utilização das situações de aprendizagem	Entender como o tema é tratado em sala de aula
6	Discussão sobre o conteúdo de cinética química e as situações de aprendizagem	Apêndice H Tabela para organização e discussão das informações obtidas durante o experimento	Identificar possíveis dificuldades conceituais em relação aos aspectos macro e submicroscópicos envolvidos no conteúdo de cinética química
		Apêndice I Avaliação do grupo	Identificar a percepção dos professores sobre seu desenvolvimento em relação ao conhecimento químico

Fonte: Elaborado pela autora.

6.5. Apresentação e descrição dos instrumentos de análise

A análise das informações coletadas será realizada em dois campos: 1) compreensão conceitual e sua relação com o ensino; 2) superação de necessidades formativas e aprofundamento conceitual proveniente das reflexões e discussões durante os encontros do grupo colaborativo.

Para a análise de ambos os campos serão consideradas duas perspectivas: uma individual, levando em conta as declarações dadas em instrumentos realizados individualmente, e uma coletiva, considerando as discussões e as reflexões desenvolvidas durante os encontros.

6.5.1. Compreensão conceitual e sua relação com o ensino

Como dito anteriormente, os professores relataram ter os cadernos de orientação como principal material utilizado em sala de aula. Assim, foram identificados, nas situações de aprendizagem que compõem esse material, os conteúdos elencados no currículo de química do Estado de São Paulo. Cabe ressaltar que esse último documento oficial é composto não apenas por conteúdos, mas também por habilidades a serem desenvolvidas, mas como nesse momento o foco é a compreensão conceitual, elencamos aqui apenas os conteúdos. Posteriormente, foram criadas áreas que resumem e representam os conteúdos que foram requeridos para responder alguma questão ou discutir um assunto durante os encontros do grupo e que estão presentes no currículo e nas situações de aprendizagem. O Quadro 5 apresenta as situações de aprendizagens discutidas, com os conteúdos que tratam e a área.

Quadro 5. Agrupamento das situações de aprendizagem segundo o conteúdo abordado e a respectiva área.

continua

Situação de Aprendizagem	Conteúdo	Área
Eletroquímica		
Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento da eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade – usos das pilhas e dos processos eletrolíticos. • Implicações socioambientais das transformações químicas que envolvem eletricidade. 	

Situação de Aprendizagem	Conteúdo	Área
Estudando o processo da eletrólise	<ul style="list-style-type: none"> • Transformações químicas que envolvem energia elétrica – processos de oxidação e de redução. • As ideias de estrutura da matéria para explicar oxidação e redução. 	Conceito de redução e oxidação; Representação das semi-reações de redução e oxidação; Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo; Processo / Evidência de transformação química; Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas.
Como funcionam as pilhas	<ul style="list-style-type: none"> • Transformações químicas na geração industrial de energia. • Reatividade dos metais. 	Conceito de redução e oxidação; Representação das semi-reações de redução e oxidação; Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo; Processo / Evidência de transformação química; Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica.
Impactos ambientais relacionados ao uso de pilhas e baterias e ao processo de eletrólise	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos ambientais causados pelo uso de pilhas e baterias e pelo processo eletrolítico. 	
Equilíbrio Químico		
Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de equilíbrio químico: coexistência de produtos e reagentes; rapidez das reações direta e inversa. • Quantidades de produtos e reagentes podem ser modificadas dependendo das condições de pressão e temperatura a que o sistema é submetido. • Catalisadores. 	Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico Influência dos catalisadores
Entendendo a escala de pH	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez das reações direta e inversa. • Concentrações das espécies são constantes. 	Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico

Situação de Aprendizagem	Conteúdo	Área
Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico?	<ul style="list-style-type: none"> • Em sistemas em equilíbrio químico, as concentrações dos produtos obtidos são sempre menores que as previstas pela estequiometria da reação. • Constante de equilíbrio: Expressão; influência das concentrações iniciais (introdução); influência da temperatura e pressão (introdução). • Equilíbrio heterogêneo; sólidos e água atuando como solvente não são incluídas na expressão de K_c. • Extensão das reações: Quanto maior o valor de K_c, maior será a formação dos produtos. 	<p>Influência da concentração na constante de equilíbrio (introdução)</p> <p>Influência de sólidos e líquidos puros</p>
Influência da temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico	<ul style="list-style-type: none"> • Influência da temperatura na constante de equilíbrio e no sistema. • Influência da pressão. • Apresentação do Princípio de Le Chatelier. 	Influência da temperatura na constante de equilíbrio
Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência	Perturbação do equilíbrio químico por mudanças nas concentrações de espécies participantes.	Influência da concentração na constante de equilíbrio
Cinética Química		
É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre?	Variáveis que podem modificar a rapidez de uma transformação química.	Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química
Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas?	Modelos explicativos para compreender a rapidez das transformações químicas.	<p>Modelos explicativos</p> <p>Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação</p> <p>Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a análise da compreensão conceitual, as respostas dadas nas atividades e os conhecimentos manifestos durante as discussões foram agrupados nas áreas dos conteúdos estudados e, posteriormente, classificados em quatro categorias de nível de compreensão conceitual:

- Compreensão Conceitual Adequada: quando o professor conhece e explica um fenômeno corretamente;
- Compreensão Conceitual Incipiente: quando o professor conhece um fenômeno, porém não consegue explicar e justificar seu acontecimento;
- Compreensão Conceitual Insuficiente: quando o professor apresenta alguma ideia correta, mas não o suficiente para desenvolver explicações adequadas ou tem uma concepção errada de determinado fenômeno, porém sua justificativa, embora errada, é condizente com sua concepção;
- Compreensão Conceitual Inadequada: quando o professor tem uma concepção errada de determinado fenômeno ou não consegue discutir sobre ele.

Tais categorias foram construídas a partir das concepções dos professores. Porém, como as discussões foram baseadas em materiais destinados ao ensino médio, algumas definições manifestadas não indicaram aprofundamento conceitual, nem concepções de nível superior, mesmo quando consideradas adequadas. Em alguns momentos as respostas consideradas adequadas não são as que se espera de um professor, mas o mínimo que se espera que o aluno saiba após o ensino.

Após a construção das categorias, as mesmas foram validadas pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ) formado por alunos de pós-graduação e docentes do ensino básico e do ensino superior. Além disso, a validação foi feita por uma docente de disciplinas específicas de Química da Universidade de São Paulo. A docente recebeu uma carta com uma breve apresentação das categorias e do projeto de pesquisa e com as orientações sobre a validação (Apêndice J). O processo de validação consistiu na leitura das definições e no julgamento quanto à adequação dessa definição ao nível de compreensão conceitual. Posteriormente, houve um encontro entre a docente e a pesquisadora, para a apresentação de seus julgamentos. As categorias foram reelaboradas conforme as sugestões e são apresentadas nos Quadros 6, 7 e 8, para os conteúdos de eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química, respectivamente.

Quadro 6. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de eletroquímica.

Continua

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
Conceito de redução e oxidação	Define corretamente os processos de redução e de oxidação, tanto para reações de pilhas quanto de eletrólise.	Define de maneira correta os processos apenas para pilhas, invertendo os conceitos na eletrólise.	Não define os processos de oxidação e de redução, embora reconheça que são os mesmos tanto em uma pilha quanto em uma eletrólise. Exemplo - “Redução: estava na forma iônica azul na solução e se transformou em cobre metálico na placa”.	Relata não saber os processos, não conseguindo discutir e realizar as atividades.
Representação das semi-reações de redução e oxidação	Representa as semi-reações, relacionando-as aos processos de redução e de oxidação, tanto na pilha quanto na eletrólise.	Representa corretamente as semi-reações, relacionando-as aos processos de redução e de oxidação de maneira correta apenas na pilha e invertendo a relação na eletrólise.	Representa adequadamente as semi-reações, sem relacionar aos processos de redução e de oxidação, tanto em pilhas quanto em eletrólise.	Não representa ou representa de maneira inadequada as semi-reações e não identifica os processos de redução e de oxidação.
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Define, corretamente, ânodo e cátodo, associando corretamente aos polos positivo e negativo nas pilhas e na eletrólise.	Define ânodo e cátodo de maneira correta, mas não associa corretamente aos polos positivo e negativo. ou Define ânodo e cátodo, associando corretamente aos polos positivo e negativo apenas nas pilhas.	Não identifica os polos e define adequadamente ânodo e cátodo apenas nas pilhas, invertendo na eletrólise.	Define ânodo e cátodo como doador e receptor de íons e acredita que os polos indicam o fluxo de íons. ou Não define cátodo e ânodo e não associa aos polos.

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
Processo / Evidência de transformação química	Reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal, explicando microscopicamente as transformações; compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente.	Reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente, mas não explica microscopicamente as transformações.	Apenas reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal; não explica microscopicamente as transformações e não compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente.	Não reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e não compreende que os processos de redução e oxidação ocorrem simultaneamente.
Espontaneidade e para obtenção de corrente elétrica	Reconhece a geração de energia elétrica na pilha e explica seu funcionamento, identificando o fluxo de elétrons e a necessidade da ponte salina.	Reconhece a geração de energia elétrica na pilha, porém explica genericamente seu funcionamento. Exemplo - “essa energia foi obtida pela reação de oxirredução que ocorreu entre as soluções e as placas metálicas”. “a obtenção de energia elétrica se dá pela liberação dos elétrons do zinco”.	Percebe a obtenção de energia elétrica por meio de reações químicas espontâneas, mas não consegue explicar, faz apenas constatações macroscópicas. Exemplo – “uma placa teve aumento de massa devido ao depósito de metal na superfície; outra placa teve diminuição de massa, pois houve desgaste”.	Acredita que quando a reação é espontânea não é preciso fornecer energia, mas não percebe a geração de energia.
Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Reconhece que determinadas reações não acontecem espontaneamente, sendo necessário o fornecimento de energia elétrica para que ocorram; consegue explicar	Reconhece que houve transformação química apenas com o fornecimento de energia elétrica; recorre ao nível microscópico, porém explica genericamente.	Percebe que houve transformação química apenas com o fornecimento de energia elétrica, mas não consegue explicar, faz apenas constatações macroscópicas.	Afirma que, assim como na pilha, na eletrólise é obtida energia elétrica.

<div>Categoria</div> <div>Área</div>	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	microscopicamente a eletrólise.	Exemplo – “com a aplicação de corrente elétrica eu forço as reações de redução e de oxidação.	Exemplo – “houve depósito em uma placa e a outra ficou mais limpa, brilhante” “Houve alterações na coloração das chapas, uma ficou mais clara e a outra mais avermelhada”.	
Representação microscópica do sistema	Representa, corretamente, o átomo e o conjunto de átomos na ligação metálica; representa adequadamente os íons e os íons solvatados.	Representa corretamente o átomo e os íons; representa o conjunto de átomos na ligação metálica ou os íons solvatados, nunca os dois.	Representa apenas o átomo e os íons, não representando o conjunto de átomos na ligação metálica e os íons solvatados. Além disso, atribui cores aos átomos.	Não faz a representação, relata não saber e precisar de ajuda.

Quadro 7. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de equilíbrio químico.

Continua

<div>Categoria</div> <div>Área</div>	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	Reconhece que ao atingir o estado de equilíbrio químico a rapidez das reações direta e inversa são iguais e justifica com base na constância das concentrações.	Aponta que ao atingir o estado de equilíbrio químico a rapidez das reações direta e inversa são iguais, porém não explica.	<p>Manifesta a ideia de que a rapidez da reação direta é maior que a rapidez da reação inversa ou que a reação direta se completa para que a inversa comece.</p> <p>Exemplo – “A velocidade da reação direta é maior que a velocidade da reação inversa, pois com o passar do tempo as concentrações dos produtos aumentam”.</p>	<p>Não compreende que ao atingir o estado de equilíbrio químico a rapidez das reações direta e inversa são iguais. Além disso, demonstra não saber que a reação direta se refere a transformação de reagentes em produtos e que a reação inversa se refere a transformação de produtos em reagentes.</p> <p>Exemplo – “A velocidade da reação inversa é maior que a direta, pois com o passar do tempo as concentrações dos produtos aumentam”.</p>
Influência da concentração na constante de equilíbrio	<ul style="list-style-type: none"> Sabe como expressar a constante de equilíbrio e compreende que seu valor numérico permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos 	Sabe como expressar a constante de equilíbrio e reconhece que o valor numérico da constante de equilíbrio permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos	Sabe como expressar a constante de equilíbrio, porém não compreende que o valor numérico da constante de equilíbrio permanece inalterado com a modificação da	<p>Não compreende que:</p> <ul style="list-style-type: none"> O valor numérico da constante de equilíbrio permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos

<div>Categoria</div> <div>Área</div>	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	<p>ou dos reagentes, quando em temperatura constante. Reconhece que a constante de equilíbrio independe das concentrações de partida e que, no equilíbrio, as concentrações de todas as espécies permanecem constantes.</p>	<p>ou dos reagentes, quando em temperatura constante. Porém, não menciona a constância das concentrações no estado de equilíbrio químico.</p>	<p>concentração dos produtos ou dos reagentes, quando em temperatura constante.</p> <p>Exemplo – “O valor numérico da constante de equilíbrio irá diminuir com o aumento da concentração de um dos produtos, pois haverá um aumento na rapidez da reação inversa a fim de se obter maior quantidade de reagentes. A rapidez da reação direta, por sua vez, irá diminuir”.</p>	<p>ou dos reagentes, quando em temperatura constante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A constante de equilíbrio pode ser representada pela razão entre o produto das concentrações (em mol.L⁻¹) dos produtos elevadas aos seus coeficientes estequiométricos e o produto das concentrações dos reagentes elevadas aos seus coeficientes estequiométricos. <p>Exemplo – “O valor numérico da constante de equilíbrio irá diminuir porque mais produto será formado.</p>
Influência da temperatura na constante de equilíbrio	<p>Reconhece corretamente o efeito da temperatura na constante de equilíbrio em reações endotérmicas e exotérmicas.</p>	<p>Sabe que o valor da constante de equilíbrio se modifica com mudanças de temperatura e que a mudança depende de a reação ser exotérmica ou endotérmica. Mas, não explica por não compreender</p>	<p>Sabe que o valor numérico da constante de equilíbrio se modifica com mudanças de temperatura, porém acredita que o aumento da temperatura sempre aumenta o valor numérico da constante de equilíbrio,</p>	<p>Acredita que a temperatura não influencia no valor numérico da constante de equilíbrio.</p>

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
		o significado dos termos endotérmico e exotérmico.	pois sempre irá favorecer a formação de produtos.	
Influência dos catalisadores	Compreende que o catalisador não afeta a composição da mistura em equilíbrio e que diminui a energia de ativação tanto da reação direta, quanto da reação inversa, de forma a aumentar igualmente a rapidez das reações direta e inversa.	Reconhece que o catalisador aumenta igualmente a rapidez das reações direta e inversa, não mencionando o efeito da composição da mistura.		Acredita que o catalisador afeta a rapidez das reações direta e inversa de maneira diferente. Justifica que o catalisador aumenta as colisões entre as partículas dos reagentes, resultando em mais produto.
Influência de sólidos e líquidos puros	Compreende que a remoção ou a adição de um sólido não afeta o estado de equilíbrio químico e que o efeito da adição ou a remoção da água no estado de equilíbrio químico depende de esta atuar como solvente ou participar efetivamente da reação. Explica corretamente.	Sabe que a remoção ou a adição de um sólido não afeta o estado de equilíbrio químico e que o efeito da adição ou a remoção da água no estado de equilíbrio químico depende de esta atuar como solvente ou participar efetivamente da reação, mas não explica.	Acredita que a adição e a remoção de sólidos e líquidos puros não afeta o estado de equilíbrio químico, justificando que sólidos e líquidos puros não são inclusos na expressão da constante de equilíbrio.	Acredita que a adição ou a remoção de sólidos e líquidos puros sempre afetam o estado de equilíbrio químico, explicando com base no Princípio de Le Chatelier.

Quadro 8. Descrição das categorias para cada área do conteúdo de cinética química.

Continua

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	<p>Prevê, corretamente, o efeito da temperatura, da concentração, do estado de agregação e do catalisador na velocidade de uma reação.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O aumento da temperatura aumenta a rapidez das transformações. • O aumento da superfície de contato aumenta a rapidez das transformações. • Geralmente, o aumento da concentração dos reagentes aumenta a rapidez das transformações. • A presença de um catalisador aumenta a rapidez das transformações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevê, corretamente, o efeito da temperatura, do estado de agregação e do catalisador, mas não reconhece que a variação da concentração nem sempre aumenta a velocidade com que uma reação ocorre. • Manifesta a ideia de que o aumento da concentração dos reagentes sempre aumenta a rapidez da transformação química, não considerando as ordens de reação. 	<p>Reconhece, corretamente, o efeito de algumas das variáveis na velocidade de reação, porém, além de não reconhecer que a variação de concentração nem sempre aumenta a velocidade da reação, apresenta erros conceituais ao avaliar a influência do estado de agregação, manifestando a ideia de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ao triturar um sólido, a superfície de contato será menor (relaciona a superfície de contato com o tamanho do sólido). 	Não faz previsões.
Modelos explicativos	Utiliza, corretamente, a teoria das colisões para explicar o efeito da temperatura, concentração, e superfície de contato na velocidade das reações.	Utiliza a teoria das colisões, porém, considera apenas a orientação das espécies, não	Utiliza a ideia de colisões entre as moléculas, porém não faz considerações sobre colisões efetivas,	<ul style="list-style-type: none"> • Não apresenta um modelo microscópico para explicar a influência das variáveis na rapidez das transformações químicas.

<div>Categoria</div> <div>Área</div>	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	<p>Considera que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A transformação química envolve um rearranjo de átomos, em que há quebra das ligações existentes entre os átomos dos reagentes e formação de novas ligações entre esses átomos, resultando nos produtos. • As colisões entre partículas devem envolver energia suficiente e orientação favorável para que ocorra a formação dos produtos. • O aumento na temperatura significa aumento da energia cinética das partículas. Assim, com o aumento da temperatura a transformação ocorreria mais rapidamente, pois haveria um aumento na fração de moléculas que colidem com energia cinética igual ou maior que a energia de ativação. • O aumento na concentração aumenta a probabilidade de as partículas dos reagentes colidirem. Assim, o aumento na concentração dos reagentes envolvidos pode aumentar a rapidez com que ela 	<p> mencionando a energia envolvida.</p> <p>Compreende que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A transformação química envolve um rearranjo de átomos, em que há quebra das ligações existentes entre os átomos dos reagentes e formação de novas ligações entre esses átomos, resultando nos produtos. • As colisões entre partículas para a formação de produtos, envolvem orientação favorável. • Porém, explica a influência das variáveis usando sua concepção de choques efetivos restrito a orientação favorável. 	<p>orientação e energia envolvida.</p> <p>Manifesta ideias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O aumento da superfície de contato aumenta a interação entre os reagentes. • O aumento da temperatura e da concentração aumenta a agitação (ou velocidade) das partículas, aumentando as colisões. • Todas as colisões entre partículas resultam na formação dos produtos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acredita que o resfriamento mantém as partículas muito próximas e que o aquecimento leva a separação das partículas e que isso aumenta a velocidade da transformação química. • Para explicar superfície de contato e concentração se remete às constatações realizadas em atividades experimentais, porém demonstra equívocos. <p>Exemplo – “No comprimido inteiro há maior superfície de contato e no triturado há menor, facilitando a transformação química entre partículas”.</p>

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	<p>ocorre, dado as partículas terem mais chance de se encontrar.</p> <ul style="list-style-type: none"> O aumento na superfície de contato entre os reagentes pode aumentar a rapidez com que ela ocorre em razão da maior chance de as partículas colidirem. 			
Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	<p>Utiliza, corretamente, os conceitos de energia de ativação e de complexo ativado para explicar como as reações ocorrem.</p> <p>Compreende que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para que a transformação química ocorra é necessário que os reagentes se encontrem com certa orientação e que vençam uma barreira energética chamada energia de ativação. Quando ocorre uma colisão com orientação favorável e energia suficiente as ligações entre os átomos que compõem os reagentes são enfraquecidas e ocorre a formação incipiente de ligações entre os átomos que irão compor os produtos, formando o complexo ativado. 	<p>Utiliza, o conceito de complexo ativado, se refere à orientação favorável, mas não se refere à energia de ativação para explicar como as reações ocorrem.</p> <ul style="list-style-type: none"> Não se refere a barreira energética a ser vencida para que aconteça a transformação química. <p>Explica que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Durante as colisões há a formação de um complexo ativado. Quando o complexo é formado pela orientação adequada do choque, as ligações entre 	<p>Não faz uso da teoria do complexo ativado para explicar o mecanismo de uma transformação química. Acredita que toda colisão entre partículas dos reagentes formará o produto.</p>	<p>Não explica o mecanismo ou caminho de uma reação.</p>

<div>Categoria</div> <div>Área</div>	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	<ul style="list-style-type: none"> Quando o complexo ativado é formado, as ligações entre os átomos que compõem os reagentes poderão ser rompidas e poderão se formar novas ligações, que formarão os produtos, havendo transformação química. Quando a orientação do choque é inadequada e os reagentes se aproximam com energia cinética menor que a energia de ativação, o complexo ativado não é formado e a transformação química não ocorre. 	<p>os átomos que compõem os reagentes poderão ser rompidas e poderão se formar novas ligações, que formarão os produtos, havendo transformação química.</p> <ul style="list-style-type: none"> Quando a orientação do choque é inadequada, o complexo ativado não é formado e a transformação química não ocorre. 		
Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	<p>Ao interpretar diagramas que representam os caminhos de uma transformação química na ausência e na presença de um catalisador, compreende que:</p> <ul style="list-style-type: none"> O catalisador atua mudando as etapas nas quais a reação química ocorre, portanto, no sistema com catalisador a transformação pode envolver número de etapas diferentes de quando a 	<p>Ao interpretar diagramas que representam os caminhos de uma transformação química na ausência e na presença de um catalisador:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aponta que o catalisador modifica o “caminho” da transformação química. 	<p>Ao interpretar diagramas que representam os caminhos de uma transformação química na ausência e na presença de um catalisador:</p> <ul style="list-style-type: none"> Não compreende que o catalisador modifica o “caminho” da transformação química. 	<p>Não interpreta os diagramas, relatando apresentar dificuldades e não estar familiarizado com os conceitos.</p>

Categoria Área	Compreensão Conceitual Adequada	Compreensão Conceitual Incipiente	Compreensão Conceitual Insuficiente	Compreensão Conceitual Inadequada
	<p>transformação acontece na ausência de catalisador.</p> <ul style="list-style-type: none"> Essas novas etapas apresentam energias de ativação mais baixas, assim um maior número de partículas conseguirá atingir essas energias mais rapidamente, possibilitando que um maior número de choques efetivos aconteça em menos tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> Acredita que esse novo caminho é mais curto, assim a transformação química acontece mais rapidamente Não se refere à energia de ativação. 	<ul style="list-style-type: none"> Acredita que com a presença do catalisador a velocidade da reação diminui, pois, o catalisador diminui a energia de ativação do sistema. 	

Fonte: Elaborado pela autora.

Para relacionar o nível de compreensão conceitual do professor com sua prática em sala de aula, foram elaboradas quatro categorias pensando nas situações de aprendizagem e conteúdos abordados. As categorias são: trata o conteúdo em sala de aula; faz adaptações; trata superficialmente e não trata o conteúdo. As descrições de cada categoria encontram-se na seção 7.3 dos resultados e análise.

6.5.2. Contribuição do grupo colaborativo para a superação das necessidades formativas.

Para identificar as percepções dos professores sobre a superação de necessidades formativas, dentre elas a que se refere ao conhecimento químico, bem como a contribuição do grupo colaborativo para isso, as gravações em áudio e vídeo dos encontros foram transcritas e as falas dos professores foram analisadas por meio das categorias elaboradas por Santos Jr. (2014) e apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9. Interações identificadas no grupo colaborativo.

Continua

Estágio colaborativo	Significado das interações	Papel na dinâmica do grupo
Construção de conhecimento / aprofundamento da reflexão CCA	<ul style="list-style-type: none"> • Explicitação de ideias • Exemplificações da própria prática • Declaração das dificuldades no exercício da atividade docente • Ampliação das ideias dos colegas • Solicitação de auxílio apoio para o grupo • Apoio aos colegas de grupo em relação às dificuldades manifestadas • Questionamento reflexivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecem a ampliação do debate e da análise dos problemas. • Subsidiaram o aprofundamento da reflexão sobre diversos aspectos pertinentes aos processos de ensino e aprendizagem
Colaboração com o grupo CLB	<ul style="list-style-type: none"> • Compartilhamento de materiais e/ou soluções já utilizadas em sala de aula 	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidiaram os docentes solicitantes em suas demandas. • Ampliam a sensação de que o grupo colaborativo favorece o desenvolvimento. • Fortalecem o vínculo com o grupo porque remetem a sensação de apoio e solidariedade

Estágio colaborativo	Significado das interações	Papel na dinâmica do grupo
Apropriação da produção do grupo APR	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração da utilização das ideias do grupo • Declaração de que o apoio do grupo foi útil na solução de alguma dificuldade enfrentada com atividades, ações, metodologias nas aulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratificam que o grupo colaborativo favorece o desenvolvimento • Fortalecem o vínculo com o grupo porque remetem a sensação de apoio e solidariedade
Conscientização CON	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração de que o grupo colaborativo favoreceu de algum modo o ganho de consciência acerca de uma necessidade formativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratificam que o grupo colaborativo favorece o desenvolvimento
Reconhecimento RCT	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração sobre o reconhecimento do papel do grupo colaborativo na superação de suas necessidades formativas ou dificuldade no exercício da docência 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratificam que o grupo colaborativo favorece o desenvolvimento. • Fortalecem o vínculo com o grupo porque remetem a sensação de apoio e solidariedade
Superação SUP	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração de que o grupo colaborativo está subsidiando a superação de uma dada necessidade formativa ou dificuldade no exercício da docência 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratificam que o grupo colaborativo favorece o desenvolvimento • Podem estimular outros docentes a ampliar a sua participação no grupo colaborativo

Fonte: Elaborado por Santos Jr. (2014).

Santos Jr. (2014) relata que o estágio da construção de conhecimento/aprofundamento de reflexão consiste das três fases da construção colaborativa do conhecimento propostas por Fischer et al. (2002):

- I. Externalização: momento em que as ideias dos participantes do grupo são explicitadas, podendo ocorrer divergência de pensamento;
- II. Elicitação: quando as ideias são debatidas pelos participantes, podendo ser refutada pelo grupo;

- III. Construção do conhecimento: fase que corresponde à busca pelo consenso, podendo haver “conflito” das divergências, o que leva a um maior debate ou “integração”, onde o debate é evitado.

Por ser um estágio com possibilidade de manifestação de ideias divergentes e opiniões opostas é necessário que o grupo esteja maduro e íntimo o suficiente para superar conflitos.

O estágio da colaboração com o grupo se refere ao momento em que um participante manifesta apoio a um colega do grupo, procurando auxiliar nas dificuldades do outro, mesmo que suas próprias dificuldades não sejam atendidas no momento. É um comportamento importante na dinâmica do grupo, pois revela a compreensão do que é uma colaboração, no sentido de não pensar apenas no favorecimento próprio.

A conscientização aponta evidências de consciência das necessidades formativas a serem superadas pelo docente. Trata-se de um estágio importante, pois pode incentivar o professor a buscar meios de superar tais necessidades, tornando-o um sujeito autônomo.

O estágio do reconhecimento aponta a percepção do docente de que o grupo é um espaço que pode contribuir para a superação de uma determinada necessidade formativa. Já a superação indica que os encontros subsidiaram a superação de alguma necessidade formativa. Porém, assim como o autor deixa claro, a superação aqui não deve ser considerada como um fato concreto, mas como um início do processo de desenvolvimento.

Santos Jr. (2014) ressalta, ainda, que não existe hierarquia entre os estágios colaborativos, de modo que, para alcançar um estágio não há necessidade de se passar por outro. Mas, para que as necessidades possam ser trabalhadas pelo grupo, é necessário que sejam explicitadas e debatidas, sendo tais ações relacionadas ao estágio de construção de conhecimento/aprofundamento de reflexão. Dessa forma, esse é o estágio que alicerça o processo da construção colaborativa.

Além disso, foram analisadas as respostas dadas ao questionário de avaliação final (Apêndice I), em que os professores discutiram sobre as dificuldades que apresentavam e que foram superadas com as discussões do grupo e a contribuição dessa superação em sua prática em sala de aula.

7. RESULTADOS E ANÁLISE

Este capítulo inicia com a análise de um levantamento realizado com os professores para identificar possíveis dificuldades conceituais destes. Feito este estudo e considerando o interesse dos professores participantes, conforme já descrito na metodologia, as discussões do grupo voltaram-se aos conteúdos de eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química. Assim, o capítulo prossegue com a análise da compreensão conceitual dos doze professores a respeito dos três conteúdos em questão e a relação dessa compreensão conceitual com as práticas de ensino por eles adotadas. Em seguida, é apresentada a análise das reflexões e discussões dos professores durante os encontros do grupo colaborativo, que tem como intuito identificar possível aprofundamento conceitual. Por fim, são expostos os relatos dos professores sobre as contribuições do grupo para a superação de suas necessidades formativas.

7.1. Identificação das principais dificuldades conceituais dos professores: panorama geral do currículo.

Os dados obtidos a partir das entrevistas (Apêndice B) e das respostas ao instrumento sobre os conteúdos presentes no currículo de Química do Estado de São Paulo (Apêndice C) mostram que os professores participantes do grupo colaborativo têm poucas dificuldades com os conteúdos da 1ª Série, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5. Classificação dos conteúdos da Primeira Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo. Os números de 1 a 24 representam cada um dos conteúdos que podem ser consultados no Apêndice C.

Nessa etapa do ensino, o aluno faz um estudo das transformações químicas que envolve os seguintes conteúdos: evidências macroscópicas das transformações químicas; reconhecimento das substâncias por suas propriedades características; relações quantitativas; modelo atômico de Dalton como primeira explicação para os fatos (conceito de átomo, massa atômica e símbolos químicos); equações químicas e seu balanceamento e primeira leitura da tabela periódica. Podemos inferir que a facilidade que os professores manifestaram em relação a esses conteúdos pode estar relacionada com o fato de se tratar de uma sequência em que, inicialmente, o aluno deveria compreender os fenômenos que são perceptíveis a ele, em um nível macroscópico, sem que lhe sejam exigidas explicações que requerem abstrações.

Algumas dificuldades surgem nos tópicos 4, 14 e 22. Dificuldades com relação às transformações que ocorrem na natureza e em diferentes sistemas produtivos (tópico 4) podem ser um indício da dificuldade em contextualizar o conhecimento científico escolar. O tópico 14 se refere a modelos explicativos como construções humanas em diferentes contextos sociais, o que pode indicar que os professores não têm clareza sobre o significado de modelos explicativos, tampouco do contexto histórico em que um modelo é elaborado. O tópico 22 diz respeito a cálculo estequiométrico e pode indicar dificuldades no estabelecimento de relação macro/micro em termos quantitativos. Chama a atenção que para o tópico 12, relacionado ao conceito de átomo e de elemento, segundo Dalton, os professores indicam facilidade, e no tópico 17, que trata sobre balanceamento, apenas 1 professor apontou ter dificuldade.

Os dados apresentados nas Figuras 6 e 7, que representam, respectivamente, o nível de dificuldade dos conteúdos para a 2ª e 3ª séries, mostram um menor número de conteúdos classificados como fáceis.

Figura 6. Classificação dos conteúdos da Segunda Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo.

Figura 7. Classificação dos conteúdos da Terceira Série do Ensino Médio realizada pelos professores participantes do grupo colaborativo.

Com relação à Segunda Série, os conteúdos classificados por seis ou mais professores como sendo difíceis ou como tendo algumas dificuldades, se referem a: concentração de soluções em massa e em quantidade de matéria (item 1), determinação da quantidade de oxigênio dissolvido nas águas – DBO (item 4), interações intra e intermoleculares (itens 15, 17, 18, 19 e 20) e eletroquímica (itens 21, 22 e 24). No que concerne à Terceira Série, os conteúdos apontados como difíceis foram: modelos explicativos da velocidade das transformações químicas (item 3), equilíbrio químico (itens 4, 5, 9, 10, 11, 12), componentes dos alimentos (item 14), arranjos atômicos e moleculares (item 16) e sustentabilidade (itens 23, 24 e 25).

Percebemos que a maioria dos conteúdos apontados pelos professores como tendo alguma dificuldade são, em geral, aqueles que exigem um nível de abstração maior e requerem o uso de modelos elaborados, bem como de relações matemáticas mais complexas, ou ainda, alguns que tratam de ambiente, como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e sustentabilidade.

No caso de cinética química, a compreensão da rapidez de uma reação química envolve a interpretação de dados experimentais e o entendimento do caráter dinâmico das partículas, de forma que o professor acaba tendo de transitar entre o mundo macroscópico e o microscópico, o que exige um entendimento mais complexo da natureza da ciência (MARTORANO; MARCONDES; SANTOS Jr., 2013). É nessa transição que o professor apresenta dificuldades, pois os dados mostram que existe uma boa compreensão das variáveis que interferem na rapidez

das transformações e que as dificuldades surgem no momento em que essa rapidez deve ser explicada pelos modelos microscópicos.

O ensino de eletroquímica, da maneira que geralmente é feito e apresentado em materiais instrucionais, enfatiza mais o tratamento em nível microscópico do que fenomenológico (MARCONDES; AKAHOSHI; LIMA, 2005). Além disso, acreditamos que as dificuldades estejam relacionadas ao entendimento do processo como um todo. Em outras palavras, os conceitos de oxidação e redução podem ser compreendidos, mas vistos como possíveis de acontecer independentemente.

Com relação ao equilíbrio químico, este é um tema que possui uma elevada hierarquia conceitual. Para sua aprendizagem é necessário que outros conceitos estejam compreendidos, como: reação química, estequiometria, cinética, termoquímica, concentração (RAVIOLO et al., 2001). Desses conhecimentos prévios necessários, cinética e concentração foram apontados pelos professores como sendo difíceis, o que, conseqüentemente, torna o ensino de equilíbrio químico também difícil.

Sobre as interações intra e intermoleculares e os arranjos atômicos e moleculares, podemos considerar as mesmas dificuldades relatadas anteriormente. Segundo Fernandez e Marcondes (2006), para estudar as moléculas, deve-se realizar a passagem da observação para a formulação de modelos, já que trabalhar com modelos é uma parte intrínseca do conhecimento químico e, sem o uso deles, a Química fica reduzida a uma mera descrição das propriedades macroscópicas. Mas, essa formulação de modelos não é tão trivial, o que torna a aprendizagem de alguns conceitos químicos mais difíceis.

Nos chamou atenção nesses dados as dificuldades relatadas pelos professores com relação à demanda bioquímica de oxigênio e os princípios de sustentabilidade. Esses conteúdos estão intimamente relacionados às implicações sociais e ambientais, o que pode nos alertar para o despreparo e a falta de familiaridade dos professores em seguir a abordagem CTSA. De maneira geral, não são conteúdos tradicionalmente ensinados pelos professores de Química no ensino médio.

É possível notar que a quantidade de assuntos que o professor deixa de tratar em sala de aula aumenta ao longo do ensino médio: na primeira série quatro itens não são tratados (cada item por um professor); na segunda série 12 itens não são tratados, também cada item por um professor; na terceira série, de um total de 25 itens, 21 não são tratados por um ou dois professores cada.

Feito esse levantamento, os professores escolheram três conteúdos para discutir nos demais encontros do grupo colaborativo. A análise aprofundada das dificuldades e facilidades encontram-se a seguir.

7.2. Compreensão Conceitual manifestada pelos professores.

Foram identificados níveis de compreensão conceitual dos doze professores para todas as áreas dos três conteúdos discutidos. Com o intuito de facilitar as análises, os níveis dos professores foram agrupados conforme o padrão de resposta. Assim, o Quadro 10, apresenta descrições dos cinco padrões encontrados, que variam desde níveis de compreensão conceitual predominantemente adequadas, até níveis de compreensão conceitual predominantemente inadequadas.

Quadro 10. Padrões de níveis de compreensão conceitual identificados nas respostas dos professores no que se refere aos conteúdos de cinética química, equilíbrio químico e eletroquímica.

Padrão	Descrição
1	Apresenta domínio do conteúdo. Reconhece e explica um fenômeno; define e aplica conceitos relacionados ao conteúdo de estudo. Apresenta nível de compreensão conceitual adequado em suas respostas, sendo permitido, neste padrão, nível de compreensão conceitual inferior em uma das áreas.
2	Apresenta níveis de compreensão conceitual predominantemente adequados e incipientes. Compreende algumas áreas, porém em outras não manifesta explicações fundamentadas e consistentes. Embora em minoria, podem estar presentes níveis de compreensão conceitual insuficiente e/ou inadequado.
3	Seu conhecimento é pontual. Apresenta nível de compreensão conceitual adequado em raras áreas. Predominam níveis de compreensão conceitual incipientes, insuficientes e inadequados.
4	Não domina o conteúdo. Seu nível de compreensão conceitual parte do incipiente, mas na maioria dos casos predominam níveis de compreensão conceitual insuficientes e inadequados.
5	Não apresenta conhecimento satisfatório relacionados aos conceitos em questão. Apresentam níveis de compreensão conceitual exclusivamente insuficientes e inadequados.

Fonte: Elaborado pela autora.

Cabe ressaltar que alguns padrões podem não ter sido identificados nos três conteúdos. Assim, nos itens subsequentes são apresentados de cada conteúdo, separadamente, trazendo os padrões identificados e as principais dificuldades explicitadas pelos professores.

7.2.1. Compreensão Conceitual de Eletroquímica.

No conteúdo de eletroquímica foram observados os cinco padrões de respostas. O primeiro deles diz respeito ao Professor 5, que manifestou um bom domínio do conteúdo. Na Figura 8, pode-se notar que o professor apresentou compreensão conceitual adequada em seis áreas e insuficiente apenas ao representar microscopicamente uma eletrólise.

Figura 8. Padrão de compreensão conceitual 1 manifestado pelo Professor 5 sobre o conteúdo de eletroquímica.

Isso significa que P5 compreende que reações espontâneas podem ser utilizadas como forma de obtenção de corrente elétrica e que energia elétrica pode ser usada para forçar reações não espontâneas. Define corretamente os conceitos de redução, oxidação, cátodo e ânodo e os aplica adequadamente tanto nos processos espontâneos quanto nos não espontâneos. Consegue representar semi-reações e explicar os processos envolvidos baseados em aspectos microscópicos. A única dificuldade manifestada por P5 refere-se à representação de um sistema de eletrólise, em que o professor faz uma ilustração simbólica do átomo e dos íons, não considerando o conjunto de átomos na ligação metálica e os íons solvatados na solução. Além disso, atribui cores aos átomos, elencando esta característica como uma diferença entre o íon e o átomo.

O Padrão 2 foi identificado em três professores. Esses professores apresentam compreensão conceitual adequada ao definir conceitos relacionados ao conteúdo de eletroquímica, demonstrando entender corretamente os processos de redução e oxidação (A), representando suas semi-reações (B), e os conceitos de cátodo, ânodo e polo positivo e polo

negativo (C). Dificuldades emergem em explicações microscópicas sobre as transformações íon/metalo ou metal/íon (D), os processos envolvidos na obtenção de corrente elétrica (E) e no processo eletrolítico (F) e, principalmente, em representações microscópicas (G). A Figura 9 ilustra três variações do Padrão 2.

Figura 9. Padrão de compreensão conceitual 2 manifestado pelos professores P8, P12 e P3, sobre o conteúdo de eletroquímica.

As designações 2.1, 2.2, 2.3 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A- conceito de redução e de oxidação; B- representação das semi-reações de redução e oxidação; C- definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo; D- processo/evidência de transformação química; E- espontaneidade para obtenção de corrente elétrica; F- uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas; G- representação microscópica de um sistema.

O Padrão 2.1, manifestado pelo Professor 8, indica boa compreensão dos conceitos de redução, oxidação, cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo, bem como representação das semi-reações de redução e de oxidação tanto para pilhas quanto para eletrólises. O professor reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e consegue explicar microscopicamente as transformações envolvidas, dando ênfase ao fato dos processos de redução e de oxidação ocorrerem simultaneamente. Porém, embora reconheça a geração de energia elétrica em uma pilha e recorra ao nível microscópico para explicar o fato, sua explicação é genérica, pois não aponta o fluxo de elétrons e a necessidade da ponte salina. Em eletrólises percebe que houve transformação química apenas com o fornecimento de energia elétrica, mas a explicação é baseada em constatações macroscópicas, proveniente de observações. Além disso, assim como os demais professores incluídos no Padrão 2, ao representar um sistema eletrolítico considera apenas o átomo e os íons, não representando o conjunto de átomos na ligação metálica e os íons solvatados.

O professor 12 manifestou o Padrão de respostas 2.2, que se difere do anterior em apenas duas áreas: processo/evidência de transformação química e uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas. Nas duas áreas P12 apresentou nível de compreensão conceitual incipiente, pois reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal, compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente e que reações não espontâneas dependem de corrente elétrica para ocorrerem, mas não apresenta explicações microscópicas completas.

O Padrão 2.3 foi manifestado por P3. Esse professor não consegue identificar o fluxo de elétrons em uma pilha e em uma eletrólise e, ao explicar os processos envolvidos em ambos, recorre a explicações microscópicas, porém de maneira superficial. Além disso, apresenta a dificuldade comum a todos os professores ao representar microscopicamente o sistema.

O terceiro Padrão identificado também foi manifestado por três professores e apresentou três variações (Figura 10). Os professores apresentaram nível de compreensão conceitual adequada em poucas áreas, sugerindo um conhecimento pontual. Compreensão adequada foi identificada em relação ao conceito de redução e oxidação e às representações das semi-reações e dificuldades surgiram no momento em que se requeria explicações microscópicas elaboradas.

Figura 10. Padrão de compreensão conceitual 3 manifestado pelos professores P7, P4 e P9, sobre o conteúdo de eletroquímica.

As designações 3.1, 3.2, 3.3 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A- conceito de redução e de oxidação; B- representação das semi-reações de redução e oxidação; C- definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo; D- processo/evidência de transformação química; E- espontaneidade para obtenção de corrente elétrica; F- uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas; G- representação microscópica de um sistema.

O Professor 7, categorizado no Padrão 3.1, apresentou compreensão conceitual adequada ao definir os conceitos de redução, oxidação, cátodo e ânodo, ao representar as semi-reações e ao identificar o fluxo de elétrons, tanto em pilhas quanto em eletrólises. Seu nível de compreensão conceitual foi insuficiente ao explicar o processo e a evidência de transformação química, o uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas e na representação microscópica de um sistema de eletrólise. Sobre a obtenção de corrente elétrica a partir de reações espontâneas, P7 apresentou concepção conceitual inadequada. Isso significa que, embora P7 consiga definir conceitos básicos do conteúdo de eletroquímica, não apresenta compreensão dos processos envolvidos como um todo. Não faz uso de aspectos microscópicos em suas explicações, não compreende que os processos de oxidação e redução ocorrem simultaneamente e, no caso das pilhas, apresenta a concepção que reações espontâneas são aquelas que não precisam de energia elétrica para acontecer, mas não percebe a geração de energia nesses casos.

O Padrão 3.2 foi manifestado pelo Professor 4, que demonstrou facilidade com o conceito de redução e de oxidação e com a representação das semi-reações, porém dificuldades com as demais áreas do conteúdo de eletroquímica. P4 compreende que, em uma pilha, o polo negativo corresponde ao ânodo, sistema que sofre oxidação e que o polo positivo corresponde ao cátodo, sistema que sofre redução. Mas acredita que em uma eletrólise o cátodo corresponde ao sistema que sofre oxidação e o ânodo corresponde ao sistema que sofre redução. Além disso, não reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e também não compreende que os processos de redução e oxidação ocorrem simultaneamente, tampouco que reações espontâneas são responsáveis por gerar energia elétrica nas pilhas. Compreensão conceitual insuficiente pode ser identificada na área *uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas*, em que P4 percebe a ocorrência de transformação química apenas com o fornecimento de energia elétrica. Mesmo assim não consegue explicar, sequer representar o processo.

O Professor 9, que manifestou o Padrão 3.3, apresentou concepções semelhantes às de P4. Única diferença identificada foi que P9 não define cátodo e ânodo e não associa aos polos, apresentando nível de compreensão conceitual insuficiente, também, nessa área.

O quarto Padrão foi manifestado por quatro professores e apresentou três variações. Esse padrão é caracterizado pela predominância de respostas incipientes, insuficientes e inadequadas, indicando um não domínio do conteúdo. O Professor 2 manifestou o Padrão 4.1. Suas respostas às atividades e declarações durante as discussões e entrevistas indicam uma falta

de compreensão, inclusive dos conceitos básicos do conteúdo de eletroquímica, uma vez que o professor não consegue definir os processos de redução e de oxidação. Ao representar as semi-reações, o faz de maneira adequada, porém não relaciona aos processos de redução e oxidação. Define cátodo e ânodo como doador e receptor de íons e aponta que os polos indicam o fluxo desses íons. Ao explicar o processo ou evidência de uma transformação química, P2 reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente, mesmo que não consiga defini-los, nem explicar microscopicamente as transformações. O professor percebe a obtenção de energia elétrica por meio de reações espontâneas e que, no caso das não espontâneas, faz-se necessário o uso de energia elétrica para que ocorram, mas não consegue explicar microscopicamente, faz apenas constatações macroscópicas a partir de observações experimentais. Assim, como os demais professores, não representa adequadamente um sistema eletrolítico, representa apenas o átomo e os íons, não representando as ligações metálicas e a solvatação. Esse padrão está representado na Figura 11.

Figura 11. Padrão de compreensão conceitual 4 manifestado pelos professores P2; P6, P11 (ambos no padrão 4.2) e P1, sobre o conteúdo de eletroquímica.

As designações 4.1, 4.2, 4.3 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A- conceito de redução e de oxidação; B- representação das semi-reações de redução e oxidação; C- definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo; D- processo/evidência de transformação química; E- espontaneidade para obtenção de corrente elétrica; F- uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas; G- representação microscópica de um sistema.

Os professores 6 e 11 manifestaram concepções semelhantes, estando ambos no Padrão 4.2. Apresentam boa compreensão quando se trata de pilhas, mas ao proporem explicações para sistemas eletrolíticos percebe-se equívocos. Conseguem definir os processos

de redução e de oxidação, representar semi-reações, definir cátodo e ânodo e identificar os polos apenas em pilhas, enquanto na eletrólise acreditam haver uma inversão nas definições. Com relação aos processos eletroquímicos, os professores compreendem que redução e oxidação ocorrem simultaneamente, percebem a obtenção de energia elétrica por meio de reações espontâneas e o uso de energia para forçar as não espontâneas, porém as explicações não envolvem aspectos microscópicos, apenas constatação macroscópica. Em suas representações, fica evidente que compreendem a diferença entre um íon e um metal, mas não representam ligações metálicas e íons em solução¹¹.

O Professor 1, categorizado no Padrão 4.3, apresentou concepções semelhantes aos dois professores anteriores. A única diferença está relacionada à área F, *uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas*, em que P1 afirma que, assim como na pilha, na eletrólise também é obtida energia elétrica.

O professor 10 manifestou o Padrão de compreensão conceitual 5, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12. Padrão de compreensão conceitual 5 manifestado pelo Professor 10 sobre o conteúdo de eletroquímica.

¹¹ Tais concepções ficaram bem evidentes em P6 enquanto P11 manifesta momentos de confusão. Em alguns momentos parece saber que cátodo é o nome dado ao sistema em que ocorre redução e ânodo é o nome dado ao sistema em que ocorre oxidação, independente de se tratar de uma pilha ou de uma eletrólise, porém não consegue sustentar essa ideia. Entra em contradição em determinados momentos, manifestando a concepção de que há uma inversão dos conceitos na eletrólise. Optamos em manter o professor no padrão 4.2 por considerarmos compreensão adequada quando o conceito está claro e o professor consegue fazer uso do mesmo em diferentes situações.

P10 apresentou compreensão conceitual exclusivamente inadequada, relatando não ter conhecimento do conteúdo de eletroquímica e, conseqüentemente, não conseguindo discutir e realizar as atividades. O professor relata não saber os conceitos de redução e de oxidação, nem representar as semi-reações correspondentes; define cátodo e ânodo como receptor e doador de íons e acredita que os polos indicam o fluxo de íons; não reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um metal e não compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente. Não percebe a geração de energia em uma dada reação espontânea e afirma que na eletrólise é que se obtém energia elétrica.

A não compreensão de conceitos básicos do conteúdo de eletroquímica, como definição de cátodo, ânodo, redução e oxidação, foi manifestada por uma quantidade significativa de professores. A ideia de que há uma inversão dos processos na eletrólise, quando comparados a uma pilha, a não compreensão da simultaneidade dos processos de oxidação e de redução, o não reconhecimento das diferenças entre íon e metal, dificuldade em elaborar explicações microscópicas para os fenômenos observados e em representa-los, também foi manifestado pelos professores. Tais dificuldades vêm sendo apontadas em trabalhos que investigam concepções alternativas e equívocos conceituais em alunos do ensino básico e alunos de graduação (AHMAD; CHE LAH, 2012; FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009; CARMEL; PACCA, 2011). E embora estudos com professores sejam escassos, as dificuldades encontradas se assemelham, sendo possível estabelecer paralelos. No Quadro 11 estão algumas das dificuldades manifestadas pelos professores.

Quadro 11. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de eletroquímica.

Área	Concepção Alternativa ou Equivocada	Professor
A Conceito de redução e oxidação	Define corretamente quando se trata de uma pilha, mas inverte as definições na eletrólise.	P1, P6 e P11
B Representação das semi-reações de redução e de oxidação	Representa corretamente quando se trata de uma pilha, mas representa de maneira inversa na eletrólise.	P1, P6 e P11
C	Define cátodo e ânodo corretamente na pilha e na eletrólise, mas não identifica os polos.	P3

Área	Concepção Alternativa ou Equivocada	Professor
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Define cátodo e ânodo e associa aos polos, apenas nas pilhas.	P1, P6 e P11
	Não identifica os polos e define cátodo e ânodo corretamente apenas nas pilhas, invertendo na eletrólise.	P4
	Define cátodo e ânodo como receptor e doador de íons e acredita que os polos indicam o fluxo de íons.	P2 e P10
D Processo / Evidência de transformação química	Não reconhece a diferença entre a representação de um íon e de um átomo.	P4, P9 e P10
	Não compreende que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente.	P4, P7, P9 e P10
E Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	Não percebe a geração de energia.	P4, P7, P9 e P10
F Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Assim como na pilha, na eletrólise também é obtida energia elétrica.	P1 e P10
G Representação microscópica do sistema	Não representa a ligação metálica e os íons solvatados.	P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P11 e P12
	Atribui cores aos átomos.	P5

Fonte: Elaborado pela autora.

Ahmad e Che Lah (2012) apontam que o fato de o terminal positivo ser conhecido como ânodo em uma célula voltaica, enquanto que em uma célula eletrolítica o terminal é conhecido como cátodo, favorece a generalização de que ‘o processo eletrolítico é o inverso do que ocorre em uma pilha’. Ainda, segundo os autores, essa generalização pode ser encontrada em livros texto, material usado como fonte de informação para alunos e professores. Em nossa concepção, isso pode justificar o fato de que três professores, embora demonstrem compreensão dos processos de redução e de oxidação, representem suas semi-reações, definam cátodo e

ânodo e identifiquem os polos de uma pilha, ao tratar de uma eletrólise, invertem todas as definições e não só o fluxo de elétrons. Como exemplo, sobre as pilhas, o Professor 1 explica:

“O zinco perdeu dois elétrons, sofrendo oxidação. Ele é o ânodo da pilha. Na placa de cobre ocorreu a redução, os elétrons do zinco se juntam aos íons de cobre, formando o cobre metálico. Ele é o cátodo da pilha”. (Professor 1 – 3º Encontro).

Já sobre a eletrólise, o mesmo professor diz:

“A placa ligada ao fio preto recebeu elétrons, oxidou. A placa ligada ao fio vermelho doou elétrons, reduziu [...] O cátodo é aquele que doou elétrons e o ânodo é aquele que recebeu os elétrons”. (Professor 1 – 2º Encontro).

Dificuldades em explicar microscopicamente as transformações, em reconhecer a diferença entre íon em solução e o átomo eletricamente neutro do metal e em fazer representações dos processos eletroquímicos podem estar relacionadas a lacunas na aprendizagem da estrutura da matéria. A Figura 13 se refere ao desenho feito pelo Professor 10, em que procurou representar os íons cobre na solução de sulfato de cobre e os átomos de cobre na placa.

Figura 13. Representação dos íons cobre na solução de sulfato de cobre e dos átomos de cobre metálico em uma placa.

Fonte: Professor 10 durante o segundo encontro.

Nessa figura, pode-se notar que P10 faz uma representação comumente encontrada em livro didático, não conseguindo representar os íons em solução e o átomo do metal, tampouco explicar microscopicamente as transformações ocorridas no sistema. Essa não apropriação dos aspectos microscópicos pode estar associada à ausência de uma formação inicial que o levasse a transitar entre aspectos macroscópicos e microscópicos. Além disso, França, Marcondes e Carmo (2009) apontam que um bom entendimento sobre estrutura atômica e formação de íon, bem como a relação entre eles e a ligação química, pode levar a melhor compreensão de fenômenos ou outros conceitos químicos, como aqueles relacionados à eletroquímica. Portanto, esse não entendimento sobre estrutura atômica pode ter dificultado a aprendizagem de P10 sobre eletroquímica, de maneira que o mesmo não consiga fazer representações e explicar conceitos básicos do conteúdo em questão.

A não apropriação desses conceitos de estrutura atômica também pode estar relacionada à concepção alternativa manifestada por dois professores, inclusive P10, que definem cátodo e ânodo como doador e receptor de íons, respectivamente, e os polos positivo e negativo como o fluxo desses íons.

“Ânodo doa íons de cobre Cu^{2+} ; Cátodo recebe íons de cobre Cu^{2+} ”
(Professores 2 e 10 – 2º Encontro).

Os professores não diferenciam átomos, íons e elétrons, em consequência disso, apresentam dificuldades em compreender os processos de redução e de oxidação, bem como definir cátodo e ânodo.

Voltando às representações dos processos, ao fazê-las, um professor considera como diferença entre o íon cobre e o cobre metálico, suas cores (Figura 14). Bachelard (1996), ao desenvolver a ideia de obstáculos epistemológicos, considera dentre eles, o substancialismo, e é este o obstáculo identificado na representação de P5 que, ao considerar que o íon e o átomo de cobre apresentam cores diferentes, está atribuindo a eles uma propriedade de uma substância.

Figura 14. Representação dos íons cobre em solução e dos átomos de cobre metálico em uma placa.

Fonte: Professor 5 durante o segundo encontro.

Sobre a conservação de cargas, pode-se notar equívocos nas ideias de quatro professores. Para explicar o fato de a solução de sulfato de cobre presente em um sistema eletrolítico não sofrer modificação em sua coloração, os professores manifestaram não compreender que os processos de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente e, no caso específico, em mesma proporção. Além disso, não apresentavam familiaridade em equacionar globalmente os processos.

“A solução ficou mais clara (azul) devido aos íons Cu^{2+} irem mais para a placa de cobre do que para a solução”. (Professor 9 – 2º Encontro).

“Não houve alteração na coloração da solução de sulfato de cobre, permaneceu constante [...] não sei o motivo” (Professor 7 – 2º Encontro).

Caramel e Pacca (2004, 2011), em estudos realizados com alunos dos ensinos médio e superior, identificaram dificuldades semelhantes, já que os alunos apresentaram a concepção de que a redução e a oxidação são efeitos independentes e que se somam ao final. Essa soma está relacionada à equação global, porém, ao somar as equações de redução e de oxidação, os autores verificaram ausência de conservação de cargas, levando-os a concluir que os alunos não compreendem a conservação de cargas como resultado da simultaneidade e dependência entre os processos.

O que mais nos chamou atenção durante as discussões sobre eletroquímica foi o fato de alguns professores não perceberem a geração de energia elétrica em uma célula galvânica ou, em outros casos, afirmarem que células eletrolíticas também produzem energia elétrica. No primeiro caso, ao serem questionados sobre a origem da energia elétrica que fez funcionar um cartão musical, quatro professores não souberam explicar que era oriunda da pilha que haviam montado na atividade experimental. No segundo caso, ao ser questionado sobre semelhanças entre uma pilha e uma eletrólise, um professor respondeu:

“As duas tem reações que produzem energia elétrica”. (Professor 1 – 3º Encontro).

Estas confusões podem ser resultado das muitas semelhanças entre as células galvânica e eletrolítica. Nos dois os casos haviam placas metálicas submersas em soluções, fios conectados e similaridades entre os processos envolvidos. Além disso, o professor pode não compreender o conceito de reações espontâneas a não espontâneas.

7.2.2. Compreensão Conceitual de Equilíbrio Químico.

Durante as discussões sobre o conteúdo de Equilíbrio Químico e nas respostas dadas nos exercícios (Anexo C), o Padrão 1 não foi identificado. Tal padrão sugere certo domínio do conteúdo, pois é composto, principalmente, por respostas com nível de compreensão conceitual adequado. Foram identificadas apenas variações dos Padrões 2, 3, 4 e 5, que indicam dificuldades conceituais. A Figura 15 ilustra as quatro variações do Padrão 2.

Figura 15. Padrão de compreensão conceitual 2 manifestado pelos professores P12, P4, P11 e P5, sobre o conteúdo de equilíbrio químico.

As designações 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A - rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico; B - influência da concentração na constante de equilíbrio; C - influência da temperatura na constante de equilíbrio; D - influência dos catalisadores; E - influência dos sólidos e líquidos puros.

A primeira variação do Padrão 2 foi manifestada pelo professor 12 (P12). Esse professor reconhece que, ao atingir o estado de equilíbrio químico, a rapidez das reações direta e inversa são iguais, justificando com base na constância das concentrações, ou seja, que as espécies estão se inter convertendo incessantemente e com a mesma rapidez. Com relação à constante de equilíbrio, sabe como expressá-la e compreende que seu valor permanece

inalterado com a modificação das concentrações das espécies, quando em temperatura constante, mas não menciona a constância das concentrações no estado de equilíbrio químico neste momento. Sobre a influência da temperatura e do catalisador no valor numérico da constante de equilíbrio, reconhece corretamente o efeito da temperatura em reações exotérmicas e endotérmicas, e compreende que o catalisador fornece um caminho alternativo para a transformação química, de forma que a energia de ativação tanto da reação direta quanto da inversa seja menor, levando a um igual aumento da rapidez de ambas reações. Ao tratar da influência de sólidos e líquidos puros, P12 não apresenta ideias consistentes, manifestando respostas diferentes, mas, na maioria dos casos, aponta que a adição ou a remoção de ambos sempre afeta o estado de equilíbrio químico, com explicação pautada no Princípio de Le Chatelier.

O Padrão 2.2, manifestado pelo professor 4 (P4), indica concepções semelhantes às de P12 no que se refere à rapidez das reações direta e inversa e à influência da concentração, do catalisador e dos sólidos e líquidos puros. Concepção diferente emergiu durante discussões sobre o efeito da temperatura na constante de equilíbrio, em que P4 manifestou saber que o valor da constante de equilíbrio se modifica com mudanças de temperatura, porém não compreende o significado dos termos endotérmico e exotérmico, não conseguindo prever o resultado da influência da temperatura nesses dois casos.

O professor 11 (P11) manifestou o Padrão 2.3. Revelou a ideia de que a velocidade da reação direta é maior que a velocidade da reação inversa já que as concentrações dos produtos aumentam e as concentrações dos reagentes diminuem no decorrer de uma reação química. Sobre a influência de sólidos e líquidos puros, assim como P12 e P4, acredita que a adição e a remoção de ambos sempre afetam o estado de equilíbrio químico.

Por outro lado, P11 apresentou nível de compreensão conceitual adequada em três áreas: influência da concentração, da temperatura e do catalisador no valor numérico da constante de equilíbrio. Ele sabe como expressar a constante de equilíbrio; reconhece que a constante independe das concentrações de partida e que, no equilíbrio, as concentrações de todas as espécies permanecem constantes, logo, mudanças de concentração não influenciam no valor numérico da constante de equilíbrio; reconhece corretamente o efeito da temperatura na constante de equilíbrio, tanto em reações endotérmicas quanto em exotérmicas; compreende que o catalisador não afeta a composição da mistura em equilíbrio, pois as velocidades das reações direta e inversa são igualmente modificadas.

Pode-se perceber que P11 não apresenta solidez em suas concepções, pois em certos momentos manifesta a ideia de que a velocidade das reações direta e inversa são diferentes, em outros aponta que as velocidades são iguais no estado de equilíbrio químico. Isso pode estar relacionado ao fato de o professor confundir o estado de equilíbrio químico com o desenvolvimento de uma reação química antes de atingir esse estado.

O Padrão 2.4 foi externalizado pelo professor 5 (P5), que apresentou compreensão conceitual incipiente ao apontar que, no estado de equilíbrio químico, a rapidez das reações direta e inversa são iguais, mas sem explicar esse fato. Na mesma categoria de compreensão conceitual está o conhecimento do professor sobre a influência de sólidos e líquidos puros. Ele sabe que a remoção ou a adição de um sólido não afeta o estado de equilíbrio químico e que o efeito da adição ou da remoção de água depende desta atuar como solvente ou não, mas, como anteriormente, não justifica. Apresentou compreensão conceitual insuficiente ao tratar do efeito da temperatura na constante de equilíbrio químico, manifestando a ideia de que o aumento da temperatura sempre aumenta o valor numérico da constante de equilíbrio, já que sempre favorece a formação de produtos. Sobre a influência da concentração e dos catalisadores, P5 apresentou compreensão conceitual adequada, sabendo expressar a constante de equilíbrio e compreendendo que seu valor numérico permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos ou dos reagentes, quando em temperatura constante. Compreende, também, que o catalisador não afeta a composição da mistura em equilíbrio e que aumenta igualmente a rapidez das reações direta e inversa.

O Padrão 3 foi manifestado por cinco professores. É um padrão que indica um conhecimento pontual, no qual o professor apresenta nível de compreensão conceitual adequado em poucas áreas, com predomínio de níveis inferiores. Todos os cinco professores que manifestaram este padrão de resposta apresentaram mesmo nível de compreensão conceitual em duas das áreas do conteúdo de equilíbrio químico, sendo elas: rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico e influência de sólidos e líquidos puros, conforme ilustra a Figura 16.

Os professores 1 e 3 manifestaram a ideia de que a rapidez da reação direta é maior que a rapidez da reação inversa e que a segunda só começa quando a primeira se completa. Os professores 6, 8 e 9 também apresentaram nível de compreensão conceitual insuficiente nesta área, porém consideram que a rapidez da reação direta é maior porque com o passar do tempo as concentrações dos produtos aumentam. Na segunda área, cujo nível de compreensão conceitual foi comum a todos os professores, os mesmos consideraram que a adição ou a

remoção de sólidos e líquidos puros sempre afetam o estado de equilíbrio químico, de acordo com o Princípio de Le Chatelier, manifestando compreensão inadequada.

Figura 16. Padrão de compreensão conceitual 3 manifestado pelos professores P1, P8, P3, P6 e P9, sobre o conteúdo de equilíbrio químico.

As designações 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A-rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico; B - influência da concentração na constante de equilíbrio; C - influência da temperatura na constante de equilíbrio; D - influência dos catalisadores; E - influência dos sólidos e líquidos puros.

Nas demais áreas, pôde-se notar concepções diferentes entre os professores. O Professor 1 (P1), cujo padrão manifestado foi o 3.1, sabe que o valor numérico da constante de equilíbrio se modifica com mudanças de temperatura, porém acredita que esse aumento leva a um aumento na formação de produtos, logo aumenta o valor numérico da constante. Sobre a ação do catalisador, acredita que leva a um aumento nas colisões entre as partículas dos reagentes, resultando em mais produtos, e assim afetando a rapidez das reações direta e inversa de maneira diferente. Já, com relação a influência da concentração na constante de equilíbrio, P1 apresenta nível de compreensão conceitual adequada, pois sabe expressar a constante de equilíbrio e compreende que seu valor numérico permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos ou dos reagentes, já que a constante de equilíbrio independe das concentrações de partida e que no equilíbrio as concentrações de todas as espécies permanecem constantes. Essas ideias podem sugerir que o professor apresenta confusões conceituais, ao passo que considera que a rapidez das reações direta e inversa não são iguais, porém que as concentrações das espécies são constantes no estado de equilíbrio químico.

O Padrão 3.2 emergiu do professor 8 (P8), que também manifestou confusões como as de P1. A diferença é que esse professor apresentou compreensão conceitual inadequada ao considerar que a temperatura não influencia no valor numérico da constante de equilíbrio e compreensão conceitual adequada ao compreender que o catalisador não afeta a composição da mistura em equilíbrio e que modifica igualmente a rapidez das reações direta e inversa.

As concepções do professor 3 (Padrão 3.3) sobre a influência da temperatura e do catalisador são semelhantes às de P8. A única área na qual as concepções desses dois professores se diferem é sobre a influência da concentração na constante de equilíbrio, pois enquanto P8 apresentou nível de compreensão conceitual adequada, P5 apresentou compreensão conceitual inadequada, apontando que mudanças nas concentrações influenciam o valor numérico da constante de equilíbrio e não consegue representar a expressão da constante de equilíbrio.

O professor 6, cujas respostas foram categorizadas no Padrão 3.4, sabe expressar a constante de equilíbrio, mas não compreende que seu valor numérico independe das concentrações das espécies. Sabe que o valor numérico da constante sofre variações com mudanças de temperatura e que a mudança depende de a reação ser exotérmica ou endotérmica, mas por não compreender o significado dos termos, não consegue prever de que maneira a temperatura influencia o estado de equilíbrio na transformação química. Já, com relação a influência dos catalisadores, apresenta compreensão conceitual adequada.

O professor 9 (Padrão 3.5) acredita que a concentração, a temperatura e o catalisador podem modificar o valor numérico da constante de equilíbrio. Essa concepção foi equivocada ao se tratar de concentração e de catalisador, pois P9 não considerou que, no estado de equilíbrio químico, as concentrações das espécies são constantes, logo, a constante de equilíbrio independe das concentrações iniciais. Sobre o catalisador, P9 também não considerou que o catalisador influencia a rapidez das reações direta e inversa na mesma proporção, pelo contrário, considerou que o catalisador aumenta a colisão entre as partículas dos reagentes, aumenta a rapidez da reação direta e resulta em mais produto.

O Padrão 4 foi manifestado pelo professor 10, que não apresentou compreensão conceitual adequada em nenhuma área de equilíbrio químico, e pode ser ilustrado pela Figura 17.

Figura 17. Padrão de compreensão conceitual 4 manifestado pelo professor P10 sobre o conteúdo de equilíbrio químico.

O professor 10 apresentou compreensão conceitual incipiente ao tratar da rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico, pois reconhece que, ao atingir o equilíbrio, a rapidez de ambas é igual, mas não apresenta explicações. Manifesta nível de compreensão conceitual inadequado ao tratar da influência da concentração, da temperatura e dos catalisadores. Não consegue representar a expressão da constante de equilíbrio, não compreende que o valor numérico da constante de equilíbrio permanece inalterado com a modificação da concentração de produtos ou de reagentes, apontando que: “*se aumentar a concentração de um dos produtos, o valor numérico da constante de equilíbrio diminui porque mais produtos serão formados*” (trecho de fala do professor 10). Além disso, o professor acredita que a temperatura não influencia o valor numérico da constante de equilíbrio e que o catalisador afeta a rapidez das reações direta e inversa de maneira diferente, pois o catalisador aumenta as colisões entre as partículas dos reagentes, resultando em mais produto. Por fim, sobre a influência de sólidos e líquidos puros, P10 acredita que a adição ou remoção de qualquer um deles não afeta o estado de equilíbrio químico, pois não são inclusos na expressão da constante de equilíbrio.

O Padrão 5 foi manifestado por dois professores: P2 e P7. Observando a Figura 18, pode-se perceber que o professor 2 apresentou nível de compreensão conceitual predominantemente insuficiente, enquanto o professor 7 apresentou compreensão inadequada na maioria das áreas.

Figura 18. Padrão de compreensão conceitual 5 manifestado pelos professores P2 e P7 sobre o conteúdo de equilíbrio químico.

As designações 5.1 e 5.2 se referem as variações de respostas pertencentes ao mesmo padrão. Sendo A-rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico; B - influência da concentração na constante de equilíbrio; C - influência da temperatura na constante de equilíbrio; D - influência dos catalisadores; E - influência dos sólidos e líquidos puros.

O professor 2, cujo Padrão identificado foi o 5.1, manifesta a ideia de que a velocidade da reação direta é maior que a velocidade da reação inversa, pois com o passar do tempo as concentrações dos produtos aumentam. Embora saiba a expressão da constante de equilíbrio, não compreende que o valor numérico da constante permanece inalterado com a modificação das concentrações dos produtos ou dos reagentes, quando em temperatura constante. Sobre a influência da temperatura, acredita que o aumento desta sempre ocasiona aumento do valor numérico da constante de equilíbrio, já que favorece a formação de produtos. Manifesta que o catalisador aumenta as colisões entre as partículas dos reagentes, aumentando a velocidade da reação direta e resultando em mais produtos. Por fim, relata que a adição ou a remoção de sólidos e líquidos puros sempre afetam o estado de equilíbrio químico e explica com base no princípio de Le Chatelier.

O professor 7 apresentou o Padrão 5.2, que se difere do anterior em apenas duas áreas: influência da concentração e da temperatura na constante de equilíbrio. P7 não compreende que o valor numérico da constante de equilíbrio permanece inalterado com a modificação da concentração dos produtos ou dos reagentes, quando em temperatura constante, e não conhece a expressão que representa a constante de equilíbrio. Sobre a temperatura, acredita que a mesma não influencia no valor numérico da constante de equilíbrio.

A não compreensão da ideia fundamental de equilíbrio químico foi manifestada pela maioria dos professores, que apontaram haver diferenças entre a rapidez das reações direta e inversa. Foram identificados, também, equívocos conceituais ao se tratar da influência de algumas variáveis no valor numérico da constante de equilíbrio e da influência de sólidos e líquidos puros no estado de equilíbrio químico. O Quadro 12 sintetiza as concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores em suas repostas às atividades ou durante as discussões.

Quadro 12. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de equilíbrio químico.

Área	Concepção Alternativa ou Equivocada	Professor
A Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o estado de equilíbrio químico	A rapidez da reação direta é maior que a rapidez da reação inversa.	P2, P6, P7, P8, P9 e P11
	A reação direta se completa para que a inversa comece.	P1 e P3
B Influência da concentração na constante de equilíbrio	Não sabe como expressar a constante de equilíbrio.	P3, P7 e P10
	A concentração influencia no valor numérico da constante de equilíbrio.	P2, P3, P6, P7, P9 e P10
C Influência da temperatura na constante de equilíbrio	O aumento da temperatura sempre aumenta o valor numérico da constante de equilíbrio, pois sempre irá favorecer a formação de produtos.	P1, P2 e P5
	A temperatura não influencia no valor numérico da constante de equilíbrio.	P3, P7, P8, P10
	Não compreende o significado de endotérmico e exotérmico	P4 e P6
D Influência dos catalisadores	O catalisador afeta a rapidez das reações direta e inversa de maneira diferente.	P1, P2, P7, P9 e P10

Área	Concepção Alternativa ou Equivocada	Professor
E Influência de sólidos e líquidos puros	Sólidos e líquidos puros não afetam o estado de equilíbrio químico, pois não são incluídos na expressão da constante de equilíbrio.	P10
	Sólidos e líquidos puros sempre afetam o estado de equilíbrio químico, de acordo com o Princípio de Le Chatelier.	P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9, P11 e P12

Fonte: Elaborado pela autora.

Sobre a rapidez das reações direta e inversa, 8 professores não compreendem que estas são iguais ao se atingir o estado de equilíbrio químico. Desses professores, 6 manifestaram a ideia de que a reação direta é mais rápida que a reação inversa¹².

“A rapidez da reação direta é maior que a da reação inversa, pois com o passar do tempo as concentrações dos produtos aumentam”.
(Professores 6, 7, 9 – 4º Encontro).

“A rapidez da reação direta é maior que a da reação inversa, pois no início as concentrações dos reagentes são maiores que a dos produtos”. (Professores 2, 8, 11 – 4º Encontro).

Tal concepção alternativa vem sendo costumeiramente apontada na literatura. Özmen (2007) relata que tal concepção pode ser proveniente da não diferenciação entre o início da reação e o momento em que esta atinge o estado de equilíbrio químico, o que os leva a pensar que, para que os produtos sejam formados, a reação direta deve ser maior. Não compreendem que, no instante inicial da reação não há produto formado, logo a taxa da reação inversa é zero e, conseqüentemente, a rapidez da reação direta é maior. Mas, à medida que os produtos são formados, a reação inversa se inicia até que, com o passar do tempo, ambas apresentem mesma rapidez, caracterizando, então, o estado de equilíbrio químico.

¹²Diferente dos conteúdos de cinética química e eletroquímica em que foram discutidas questões dissertativas, durante os encontros sobre o conteúdo de equilíbrio químico, teve-se como instrumento uma lista de questões objetivas. Assim, vários professores apresentaram respostas iguais.

Ainda sobre a rapidez das reações direta e inversa, outra concepção alternativa manifestada foi a ideia de que a reação direta se completa para que a inversa se inicie.

“Ao atingir o estado de equilíbrio químico, a rapidez da reação direta é maior que a inversa, pois a reação direta se completa antes que a reação inversa comece”. (Professor 1 e 3 – 4º Encontro).

Tal concepção foi identificada por Teixeira Jr. e Silva (2009), em trabalho realizado com futuros professores de química e é apontada como sendo uma ideia de comportamento pendular do equilíbrio químico, em que o reagente se transforma totalmente em produto, para depois todo produto se transformar em reagente, e assim sucessivamente. Nessa concepção, a reversibilidade em um sistema que atinge o estado de equilíbrio químico é considerada, mas fica claro que não compreendem a simultaneidade. Eles se referem à reversibilidade como algo que avança e depois retorna para trás, como um carro que segue em frente e volta usando marcha à ré (RAVIOLO, 2006; VAN DRIEL; VERLOOP; DE VOS, 1998).

Campolat et al. (2006) consideram esse equívoco como sendo consequência da representação de reagentes e produtos nas equações químicas. O fato de estarem representados em lados opostos pode levar à concepção de que as reações ocorrem em apenas uma direção por vez.

No momento em que as discussões deram foco ao valor numérico da constante de equilíbrio, 6 professores manifestaram a ideia de que a concentração influencia esse valor.

“Ao aumentar a concentração dos reagentes, a constante de equilíbrio irá diminuir porque o valor numérico da constante de equilíbrio muda com a quantidade de reagentes presentes”. (Professor 6 – 4º Encontro).

“O valor numérico da constante de equilíbrio irá diminuir com o aumento da concentração de um dos produtos, pois haverá um aumento na rapidez da reação inversa a fim de se obter maior quantidade de reagentes. A velocidade da reação direta, por sua vez, irá diminuir”. (Professor 9 – 4º Encontro).

Novamente pode-se perceber que os professores não diferenciam o estado inicial de uma transformação química ou um momento de perturbação do sistema, do estado de equilíbrio químico. Para eles, a adição de reagentes ou produtos afeta diretamente a constante de equilíbrio, não considerando que mudanças na concentração de uma espécie acarreta mudanças nas concentrações das demais espécies. Além disso, não compreendem que nesse momento o sistema não estará em equilíbrio químico e o que se pode calcular com as relações entre concentrações de produtos e de reagentes é o quociente de reação.

Essa não diferenciação e não compreensão dos significados numéricos da constante de equilíbrio e o coeficiente de reação pode levar a dificuldades com o conceito de extensão de reação, como apontam Gomes e Maximiano (2011). Segundo os autores, em uma pesquisa realizada com alunos de graduação, foi comum a aplicação do princípio de Le Chatelier e a análise da constante de equilíbrio em sistemas que não estão em equilíbrio químico. Os alunos confundem a previsão da extensão de uma reação química, fornecida pela constante de equilíbrio, com o sentido de uma reação, expressa pelo coeficiente de reação.

Tais dificuldades podem estar relacionadas a lacunas na compreensão de aspectos termodinâmicos. A ideia de que a composição no equilíbrio corresponde ao mínimo da energia de Gibbs em função do avanço da reação, podendo ser expressa pela equação termodinâmica $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$, não é bem compreendida pelos professores. Caso fosse, ao desenvolvê-la, seria possível compreender a independência das concentrações e a dependência da temperatura no valor numérico da constante de equilíbrio e a diferença entre constante de equilíbrio e coeficiente de reação.

Sobre a influência da temperatura no valor numérico da constante de equilíbrio, 4 professores acreditam não haver, talvez, como dito anteriormente, por não dominarem os aspectos termodinâmicos que demonstram esta dependência:

“Com o aumento da temperatura, a constante de equilíbrio irá permanecer a mesma, pois a reação ser endotérmica ou exotérmica não afeta a constante de equilíbrio” (Professor 10 – 4º Encontro).

Raviolo et al. (2001) consideram, ainda, que essa dificuldade em compreender a influência da temperatura na constante de equilíbrio pode estar relacionada à dificuldade em integrar noções básicas da química estudadas em diferentes momentos. Por exemplo, fazendo uso do modelo cinético molecular e sua aplicação na teoria das colisões pode ser induzido a

considerar que o aumento da temperatura do sistema implica em um aumento na rapidez de ambas reações.

Três professores manifestam a ideia de que a temperatura sempre aumenta o valor numérico da constante de equilíbrio, pois favorece a formação de produtos:

“Com o aumento da temperatura, a constante de equilíbrio irá aumentar, pois o aumento da temperatura sempre aumenta o valor numérico da constante de equilíbrio [...] quando a temperatura aumenta, mais produtos são formados” (Professor 1 – 4º Encontro).

Percebe-se, novamente, que os professores parecem confundir aspectos termodinâmicos com aspectos cinéticos, visto que é comum saber que o aumento da temperatura aumenta a rapidez de uma transformação química. Isso os leva a pensar que, aumentando a rapidez da transformação química, aumentará a formação de produtos, logo o valor numérico da constante de equilíbrio será maior.

Ainda sobre a influência da temperatura, pode-se identificar dificuldades com os conceitos de processo endotérmico e exotérmico:

“Em uma reação exotérmica, com o aumento da temperatura, a constante de equilíbrio irá diminuir, pois por ser uma reação exotérmica a concentração dos produtos aumentará”. (Professor 4 – 4º Encontro).

Em se tratando de uma reação exotérmica, o aumento da temperatura favorece a formação de reagentes, diferentemente da ideia manifestada por P4. Ao ser questionado sobre os significados dos conceitos endotérmico e exotérmico, P4 explicou que um se referia a reação que tinha energia como produto e o outro a reação que tinha energia como reagente, sem relacionar a definição com a palavra e sem citar rompimento e formação de ligações durante uma transformação química.

Barros (2009) aponta ser comum dificuldades relacionadas aos processos endotérmicos e exotérmicos e que tais dificuldades podem estar associadas à falta de clareza quanto aos aspectos macroscópicos e microscópicos. No aspecto macroscópico, um exemplo é a frequente dúvida sobre a diminuição da temperatura da solução durante a dissolução de

determinado composto. Por se tratar de um processo endotérmico, a concepção prévia é de que a temperatura deveria aumentar com a absorção da energia. Já no nível microscópico, existem dúvidas quando à associação de ruptura e formação de ligações com liberação e absorção de energia.

Outra concepção alternativa manifestada pelos professores foi sobre o efeito do catalisador no estado de equilíbrio químico. Cinco professores manifestaram a ideia de que o catalisador afeta a rapidez das reações direta e inversa de maneira diferente:

“Ao adicionar um catalisador em um sistema, a rapidez da reação direta será maior que a rapidez da reação inversa, pois o catalisador aumenta a colisão entre as partículas dos reagentes e mais produtos serão formados”. (Professor 2 – 4º Encontro).

Sobre isso, Raviolo et al. (2001) aponta ser comum a associação dos catalisadores com as reações que se completam, isto é, acreditam que, com o catalisador, o sistema deixa de atingir o estado de equilíbrio químico, de forma que a transformação de reagentes em produtos ocorra completamente. Além disso, P2 manifesta uma explicação equivocada a respeito da atuação do catalisador, apontando que o mesmo aumenta a colisão entre partículas.

Sobre a influência de sólidos e líquidos puros, pode-se perceber o uso equivocado de generalizações. O Professor 10, ao se referir ao equilíbrio envolvendo o Cloreto de Cobalto II, considera que líquidos não afetam o estado de equilíbrio químico por não serem inclusos na expressão da constante de equilíbrio, enquanto o professor 1 manifesta concepção contrária a essa, porém generalizando o Princípio de Le Chatelier:

“Em um sistema que tem água como produto, se adicionarmos mais água, a solução permanecerá inalterada, pois sólidos e líquidos não são inclusos na expressão da constante de equilíbrio e, conseqüentemente, a razão entre produtos e reagentes não será perturbada”. (Professor 10 – 4º Encontro).

“Em um sistema que tem água como produto, se adicionarmos mais água, a formação de reagentes será favorecida, pois para conter esse

aumento, o sistema irá formar mais reagente”. (Professor 1 – 4º Encontro).

Gomes, Aguiar e Maximiano (2010) identificaram concepções semelhantes em pesquisa realizada com alunos do ensino superior. Segundo os autores, para responder e explicar corretamente é necessário considerar a equação da constante de equilíbrio e pensar em termos de quociente da reação Q . Mas, o que se observa é o uso de generalizações ou a aplicação direta do princípio de Le Chatelier que, como manifestado pelo professor 1, pode até levar a resposta certa, mas pela justificativa errada.

O mesmo pode ser observação com relação à influência da adição de mais massa de um mesmo sólido no sistema em equilíbrio:

“Ao remover parte de um produto sólido da mistura, o equilíbrio será deslocado para o lado do reagente, pois os produtos reagem para formar mais reagentes, de acordo com o Princípio de Le Chatelier”.
(Professor 7 – 4º Encontro).

Os professores parecem não compreender que, uma vez atingido o equilíbrio de solubilidade, a adição de maior massa do mesmo sólido não afeta a concentração das espécies e, novamente realizam uma aplicação direta e de maneira incorreta do princípio de Le Chatelier (BERTOTTI, 2011; GOMES; AGUIAR, MAXIMIANO, 2011).

Bilgin (2006) aponta que equilíbrio químico é o conteúdo em que alunos e professores mais manifestam concepções alternativas, pois estratégias de ensino tradicionais são ineficientes para a compreensão de conceitos abstratos, construção de concepções corretas e superação de concepções alternativas. Somado a isso, a formação universitária deficiente de alguns professores pode levar a crenças em algumas “verdades científicas” da Química, como a regra do octeto e o princípio de Le Chatelier, contribuindo para o caráter de verdade absoluta da Ciência e colaborando para a construção de ideias equivocadas (BRASIL, 1999).

7.2.3. Compreensão Conceitual de Cinética Química.

Foram observados três padrões de compreensão conceitual entre os professores no que se refere ao conteúdo de cinética química. Todos indicam dificuldades com o conteúdo. Apenas

um sugeriu compreensão conceitual predominantemente incipiente, enquanto os demais manifestaram níveis de compreensão conceitual insuficiente e inadequado. A Figura 19 ilustra os níveis de compreensão conceitual para as quatro áreas pertencentes ao conteúdo de cinética química, bem como os padrões de compreensão conceitual identificados. Os Padrões de compreensão conceitual 1 e 3 não foram identificados nesse conteúdo. No Padrão 4 foram identificadas dois conjuntos de respostas diferentes, portando denominados como 4.1 e 4.2.

Figura 19. Padrões de compreensão conceitual manifestados pelos professores sobre o conteúdo de cinética química.

As designações 2, 4.1, 4.2 e 5 se referem aos padrões identificados e suas variações. Sendo A - fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química, B - modelos explicativos, C - entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação e D - representação gráfica da ação do catalisador no caminho de reação.

O Padrão de compreensão conceitual 2 foi manifestado pelo professor 4 (P4). O mesmo apresentou nível de compreensão conceitual incipiente ao tratar dos fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química sob um aspecto macroscópico (A) e também ao desenvolver uma explicação microscópica sobre tal (B), bem como ao demonstrar seu entendimento sobre o mecanismo de uma reação (C).

O nível de compreensão conceitual incipiente na área A significa que P4 prevê adequadamente o efeito da temperatura, do estado de agregação e do catalisador, mas sobre a influência da concentração, não considera as ordens de reação, pensa que a concentração influencia proporcionalmente à sua modificação, em qualquer caso. Nas áreas B e C, a explicação microscópica pauta-se apenas na orientação das espécies durante os choques que, quando favorável, forma um complexo ativado, porém, não se refere a energia envolvida. Ao interpretar diagramas que representam os caminhos de uma transformação química na ausência e na presença de um catalisador (área D), P4 apresenta nível de compreensão conceitual

adequada, pois diferente dos demais professores participantes, compreende que o catalisador atua mudando as etapas nas quais a reação ocorre, tendo estas novas etapas energias de ativação mais baixas.

Os Padrões de compreensão conceitual 4.1 e 4.2 são bem semelhantes. Os dois emergiram de professores que, assim como no Padrão 1, generalizam a influência da concentração na rapidez da transformação química, porém que apresentam nível de compreensão conceitual insuficiente nas explicações microscópicas e no entendimento sobre o mecanismo de reação. Tais professores não fazem uso da teoria do complexo ativado para explicar o mecanismo de uma transformação química, considerando que todas as colisões entre partículas resultam na formação dos produtos. A diferença entre eles está na interpretação dos diagramas: os cinco professores que manifestaram o Padrão de compreensão conceitual 4.1 (P3, P6, P9, P11 e P12) não compreendem que o catalisador modifica o mecanismo da transformação química, apontando que a rapidez da reação diminui porque o catalisador diminui a energia de ativação do sistema; por outro lado, os três professores categorizados no Padrão 4.2 (P1, P5 e P8) não interpretaram o diagrama, relatando apresentar dificuldades e não estar familiarizado com os conceitos.

Três professores apresentaram níveis de compreensão conceitual predominantemente inadequada e se enquadraram no Padrão de compreensão conceitual 5: P2, P7 e P10. Esses professores, além de não reconhecerem que a variação de concentração nem sempre aumenta a rapidez de uma reação, apresentam equívocos conceituais ao avaliar a influência do estado de agregação, pois estabelecem uma relação proporcional entre a superfície de contato e o tamanho do sólido, ou seja, para eles um sólido triturado apresenta partículas de tamanhos menores ao comprimido inteiro, consequentemente, sua superfície de contato é menor. Nas explicações sobre a influência das variáveis ou do mecanismo de uma transformação química é evidente que não se apropriaram de um modelo microscópico. As explicações baseiam-se em ideias errôneas sobre proximidade ou distanciamento de partículas devido a variação de temperatura ou em constatações observadas em atividades experimentais.

A presença de concepções alternativas e errôneas foi bem frequente neste estudo. Os professores manifestaram a não apropriação dos modelos microscópicos, além de dificuldades em compreender a influência de algumas variáveis na rapidez da transformação química. Isso vai ao encontro de trabalhos realizados com diferentes públicos-alvo: alunos do ensino básico, alunos de graduação e professores; e em diferentes países (CAKMAKCI, 2010; JUSTI, 1997;

JUSTI, RUAS, 1997; MARTORANO, 2012; ROSA; SCHNETZELER, 1998). O Quadro 13 traz uma síntese das concepções manifestadas pelos professores.

Quadro 13. Concepções alternativas ou equivocadas manifestadas pelos professores sobre o conteúdo de cinética química.

Área	Concepção Alternativa ou Equivocada	Professor
A Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	O aumento da concentração dos reagentes sempre aumenta a rapidez da transformação química	P1, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P11 e P12
	Ao triturar um sólido, a superfície de contato será menor.	P2, P7 e P10
B Modelos explicativos	O resfriamento mantém as partículas próximas e o aquecimento leva à separação das partículas, aumentando a rapidez da transformação química.	P2, P7 e P10
C Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	A transformação química só depende de choques com orientações favoráveis	P4
	Toda colisão entre as partículas dos reagentes formará produto.	P1, P3, P5, P6, P8, P9, P11 e P12
D Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	O catalisador diminui a energia de ativação do sistema.	P3, P6, P9, P11 e P12

Fonte: Elaborado pela autora.

Todos os professores participantes deste estudo apresentaram a concepção de que o aumento na concentração inicial de reagentes aumenta a rapidez de uma reação, independente da ordem de reação:

“A concentração influencia as colisões das partículas, maior concentração maiores colisões ocasionando um tempo menor”
(Professor 10 – 6º Encontro)

“Sempre que aumentamos a concentração, aumentamos a quantidade de espécies, o que favorece a colisão entre as mesmas, aumentando as chances de choques efetivos”. (Professor 12 – 6º Encontro)

Cakmakci (2010), em seu estudo realizado na Turquia com 108 alunos do ensino básico e com 83 alunos do ensino superior, identificou concepção semelhante e, segundo o autor, os estudantes apresentavam uma visão geral da influência da concentração na rapidez da reação, não estando cientes de que essa relação deve ser determinada experimentalmente.

Outra concepção alternativa comum ao estudo realizado por Cakmakci (2010) foi o fato de o catalisador não afetar ou não alterar os mecanismos de uma reação. Segundo o autor, alguns podem até estar cientes de que o catalisador aumenta a rapidez de uma transformação química, porém, apresentam conhecimento limitado sobre como um catalisador apropriado afeta os mecanismos de uma reação. Em nosso estudo, apenas um professor sugeriu que as reações catalisadas e não catalisadas apresentam diferentes mecanismos, ao interpretar um diagrama de energia:

“Não considero (o diagrama de energia) correto, pois a presença do catalisador não indica somente a diminuição da energia de ativação, como induz a observação do gráfico, a presença do catalisador promove um novo caminho que pode envolver mais de uma etapa”
(Professor 4 – 6º Encontro)

Os demais apresentaram a ideia de que o catalisador atua diminuindo a energia de ativação do sistema, sem modificar o mecanismo da reação, ou fornecem um caminho mais curto para a transformação, por isso acontece rapidamente. Identificamos, ainda, seis professores que não souberam opinar a respeito da representação gráfica da ação dos catalisadores. Van Driel et al. (1998) apontam que tais concepções alternativas relacionadas ao efeito do catalisador podem ser provenientes dos livros que definem o catalisador com foco no seu efeito na rapidez da reação química e enfatizam que o mesmo não é consumido durante a reação química.

Segundo os autores, na tentativa de fornecer uma abordagem mais abrangente para a introdução da catálise, seria necessário enfatizar que um catalisador é uma substância que realmente reage com um ou mais reagentes presentes. Consequentemente, ocorre uma série de reações, durante as quais o catalisador é consumido e regenerado. O efeito geral é uma produção mais rápida dos produtos das reações, e o importante é que concluam que a adição de um catalisador leva a um processo diferente no qual várias reações ocorrem.

Ideias de que toda colisão entre partículas resulta na formação de produtos ou de que a transformação química só depende de choques com orientações favoráveis também foram identificadas:

“Quanto maior a agitação, maior o número de colisões por espaço de tempo, daí mais rápida a reação”. (Professor 3 – 6º Encontro).

“Com o aumento da temperatura há maior movimento das partículas [...], portanto maior a probabilidade de choques eficazes, isto é, com orientação favorável para a quebra de ligação e formação das novas substâncias”. (Professor 4 – 6º Encontro).

“Com o aumento da temperatura, aumenta-se a colisão entre as partículas e desfaz-se os reagentes, formando os produtos”. (Professor 11 – 6º Encontro).

Os professores não fizeram uso da teoria das colisões corretamente, obtendo resultados semelhantes aos encontrados por Rosa e Schnetzler (1998) em um trabalho de revisão. Segundo as autoras, os alunos não empregam conceitos de átomos e moléculas em seus raciocínios sobre reação química e cinética química, assim acabam empregando um mesmo modelo ou teoria para explicar tanto propriedades macroscópicas quanto microscópicas, uma vez que não conseguem diferenciá-las e que, no caso particular da teoria das colisões, não conseguem compreender o comportamento das substâncias durante a transformação do reagente em produto.

Tais obstáculos podem ser extrapolados para os professores, que apresentaram dificuldades semelhantes a esses alunos. Ideias manifestadas pelos professores, também podem indicar essa não compreensão dos mecanismos envolvidos na transformação química:

“Resfriamento mantém as partículas muito próximas e o aquecimento leva a separação das partículas, por isso aumenta a rapidez da reação” (Professor 10 – 6º Encontro).

‘Em baixas temperaturas as partículas estão mais próximas (agregadas), o tempo de reação é maior. Na temperatura maior as partículas estão mais separadas o que facilita ocorrer com um tempo menor’ (Professor 2 – 6º Encontro),

Além disso, indo ao encontro dos apontamentos feitos sobre as dificuldades a respeito da energia envolvida na ruptura e formação de ligações e manifestadas durante as discussões sobre equilíbrio químico, aqui os professores não consideram a energia envolvida na quebra e formação de uma ligação química ao explicar a influência da temperatura na rapidez das transformações químicas.

7.3. Relação entre padrão conceitual e práticas de ensino.

Para esta análise foram criados quadros com as áreas dos três conteúdos estudados, as situações de aprendizagem em que cada área é tratada nos cadernos de orientação, o nível de compreensão conceitual do professor para cada área e sua prática de ensino. Para as práticas de ensino foram criadas quatro categorias:

- Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem: quando o professor trata os conceitos de cada área, de acordo com o requerido no Currículo de Química do Estado de São Paulo, e segue as situações de aprendizagem (S.A.)¹³. Em alguns casos são feitas pequenas adaptações nas S.A. de acordo com o contexto em que o professor está inserido, por exemplo, faz uso de vídeos ao invés de textos ou demonstração dos experimentos por não ter material suficiente para todos os alunos.
- Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem: quando o professor trata os conceitos da área em sala de aula, de acordo com o requerido no Currículo de Química do Estado de São Paulo, mas não no contexto das situações de aprendizagens.
- Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem: quando o professor trata o conteúdo sem abordar todos os conceitos propostos no Currículo de Química do Estado de São Paulo e não usa as situações de aprendizagem.
- Não trata o conteúdo: quando o professor não trata determinada área do conteúdo, geralmente por apresentar dificuldades conceituais.

¹³ As categorias foram elaboradas pensando na prática em sala de aula a partir das situações de aprendizagem, pois o caderno de orientação foi citado por todos os professores como sendo o principal material utilizado em sala de aula.

Para compor a análise foram selecionados quatro professores (P5, P4, P6, P10) que representam as relações encontradas entre o padrão conceitual manifestado e a prática de ensino, visto que os demais participantes do grupo apresentaram relações semelhantes às destes professores: P5 manifestou Padrão de respostas diferentes para os três conteúdos discutidos, indicando domínio conceitual em eletroquímica, domínio conceitual pontual em equilíbrio químico e falta de domínio conceitual em cinética química, tratando todos os conceitos de eletroquímica e com ensino superficial nos demais conteúdos; P4 e P6 não manifestaram domínio conceitual em nenhum dos conteúdos, porém P4 deixa de tratar o conteúdo de maior dificuldade, enquanto P6 trata todos de maneira superficial; P10 manifesta Padrão 5 em todos os conteúdos discutidos, não tratando-os em sala de aula.

Ainda fazendo uso das quatro categorias, foi realizada uma análise geral do grupo relacionando o nível de compreensão conceitual e a prática de ensino.

7.3.1. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 5.

O Professor 5 apresentou padrões conceituais diferentes nos três conteúdos. Em eletroquímica manifestou o Padrão 1 que, conforme descrito no Quadro 10, indica o domínio do conteúdo. Em equilíbrio químico, o Padrão 2, em que apresenta níveis de compreensão conceitual predominantemente adequados e incipientes, porém em algumas áreas não apresenta explicações coerentes. E, em cinética química, Padrão 4, que indica falta de domínio do conteúdo, já que seu nível de compreensão conceitual parte do incipiente e, em sua maioria, é insuficiente e inadequado.

Como já dito, eletroquímica é um conteúdo de domínio de P5, que relata tratar todos os conceitos, porém adaptando as situações de aprendizagem para sua realidade em sala de aula. O Quadro 14 relaciona a área do conteúdo de eletroquímica e a situação de aprendizagem em que é tratado com o nível de compreensão manifestado por P5 e a prática de ensino adotada.

Sobre a primeira situação de aprendizagem (SA1), no lugar dos textos, o professor inicia o ensino de eletroquímica com dois vídeos:

“Modifico a situação de aprendizagem, utilizo um vídeo ‘Momento ambiental: pilhas’ e alguns trechos do vídeo ‘Tudo se transforma: pilhas e baterias’. Aplico algumas questões para análise, fazemos várias discussões sobre o assunto. [...] nesse momento procuro

identificar as ideias prévias deles, para poder desenvolver os conceitos” (Professor 5).

Quadro 14. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Conceito de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Representação das semi-reações de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Processo / Evidência de transformação química	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	Como funcionam as pilhas (SA3) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem

Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação à segunda e à terceira situações de aprendizagem (SA2 e SA3), P5 relata que, por falta de tempo, tem de escolher algumas atividades, então opta por priorizar os experimentos da pilha e da eletrólise e, a partir desses experimentos, desenvolve os conceitos com os alunos:

“Tenho pouco tempo, vou direto para a situação de aprendizagem seguinte, dou prioridade para os experimentos da pilha e da eletrólise. Acho os experimentos muito úteis para discutir conceitos referentes a eletroquímica. Faço o experimento apenas demonstrativo, pois na escola não há placas de cobre e zinco suficientes para os grupos. Espero que com os experimentos os alunos reconheçam que existem transformações químicas que produzem energia elétrica” (Professor 5).

Sobre o ensino dos impactos ambientais causados por pilhas e processos eletrolíticos, P5 relata que trata o tema durante o ensino e não em um momento específico:

“Não consigo chegar até essa situação de aprendizagem. O tema desta situação de aprendizagem é trabalhado de forma informal durante a apresentação desse assunto e o desenvolvimento das aulas sobre pilhas e eletrólise” (Professor 5).

Voltando ao Quadro 14, pode-se notar que o professor apresenta níveis de compreensão conceitual predominantemente adequados, de forma que se sente seguro para tratar o conteúdo e realizar adaptações para sua realidade em sala de aula, sem deixar de lado conceitos e habilidades requeridos no currículo oficial. Nesse processo de adaptação, alguns exercícios não foram selecionados, sendo eles os que requerem representações, justamente a área que P5 manifesta nível de compreensão conceitual insuficiente.

Mas, o mesmo não acontece com os conteúdos de equilíbrio químico e cinética química, em que P5 apresentou maiores dificuldades. Sobre equilíbrio químico, embora tenha manifestado nível de compreensão conceitual adequado em duas áreas, pode-se perceber que o mesmo não domina o conteúdo, visto que nas demais áreas apresentou compreensão conceitual incipiente e insuficiente (Quadro 15).

Quadro 15. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1) Entendendo a escala de pH (SA2)	Incipiente	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Influência da concentração na constante de equilíbrio	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3) (introdução) Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência (SA5)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Influência da temperatura na constante de equilíbrio	Influência da temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico (SA4)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Influência dos catalisadores	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Influência de sólidos e líquidos puros	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3)	Incipiente	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

Para iniciar o ensino de equilíbrio químico, novamente, o professor opta pelo uso de vídeos ao invés dos textos sugeridos na SA1 do caderno de orientação:

“Utilizo vídeos (trechos sobre a amônia, importância e síntese). Não trabalho com os textos, apenas com os exercícios” (Professor 5).

Nesse momento é tratado o conceito de rapidez das reações direta e inversa e, de maneira introdutória, algumas variáveis que influenciam no estado de equilíbrio químico, com foco no uso dos catalisadores. Mas, não são usados modelos microscópicos em sua explicação, o que pode estar relacionado à dificuldade que o professor apresenta nessa área.

A situação de aprendizagem 2, que também trata do conceito de equilíbrio químico em si, ou seja, da ideia da constância das concentrações e da rapidez de ambas reações, é adotada pelo professor:

“Eu uso essa situação de aprendizagem, mas incluo mais exercícios do livro didático” (Professor 5).

Seguindo o material, tem-se as Situações de Aprendizagem 3 e 4 que tratam, respectivamente, das áreas “influência dos sólidos e líquidos puros” e “influência da temperatura na constante de equilíbrio”. Tais áreas são de dificuldade de P5, que apresentou nível de compreensão conceitual incipiente na primeira e insuficiente na segunda. O professor relata não usar as duas situações de aprendizagem, tampouco abordar os conteúdos referentes as duas áreas em suas aulas:

“Não é sempre que eu consigo trabalhar o equilíbrio químico, que é uma coisa que eu tenho muita dificuldade, tanto para explicar quando para eles entenderem porque os exemplos não são tão práticos. Como fica a parte de orgânica muito para o final e em uma quantidade pequena, e nos vestibulares é cobrado, então no segundo bimestre eu não trabalho essas influências na constante de equilíbrio (influência da temperatura e dos sólidos e líquidos puros), eu já começo na parte de orgânica” (Professor 5).

A situação de aprendizagem 3 também introduz a ideia de influência da concentração na constante de equilíbrio, área essa em que o professor apresentou domínio conceitual. Assim, mesmo não sendo utilizada, P5 relata tratar o conceito na situação de aprendizagem 5, onde o assunto é retomado.

Pode-se notar que o ensino desse conteúdo parece ser tão pontual quanto o conhecimento de P5 sobre ele. Áreas em que ele apresenta facilidade são selecionadas para

serem trabalhadas com os alunos, ao passo que as áreas em que apresenta dificuldade não são tratadas, sendo isso relatado pelo próprio professor:

“Normalmente eu tento passar aquilo que eu tenho certeza e tranquilidade. Então se eu não tenho certeza de determinada parte, eu vou só até onde eu consigo entender e explicar, depois disso eu paro”
(Professor 5).

Com relação ao conteúdo de cinética química, P5 não manifestou nível de compreensão conceitual adequado em nenhuma das áreas e, conseqüentemente, não tratou o conteúdo como requerido no currículo oficial. Isso pode ser observado no Quadro 16.

Quadro 16. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P5 nas áreas do conteúdo de cinética química.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre? (SA1)	Incipiente	Faz modificações
Modelos explicativos	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Insuficiente	Não trata em sala de aula
Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Insuficiente	Não trata em sala de aula
Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Inadequado	Não trata em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

A sugestão trazida pelos cadernos de orientação sobre o conteúdo de cinética química considera, em primeiro momento, o estudo macroscópico das variáveis que influenciam na rapidez de uma transformação química, desenvolvendo habilidades de organização e interpretação de dados experimentais, além de realização dos próprios experimentos. Isso está presente na situação de aprendizagem intitulada em ‘É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre?’ (SA2), sendo sucedida por uma segunda situação de aprendizagem que trata dos modelos microscópicos e do mecanismo de uma reação química.

O professor 5 relata tratar com seus alunos parte do conteúdo presente na SA1. Suas aulas se baseiam na realização dos experimentos envolvendo variação de temperatura, superfície de contato e concentração e presença de catalisador, porém sem explorar os modelos microscópicos que explicam tais fenômenos. Além disso, as variáveis são discutidas de maneira geral, sem pensar nas peculiaridades das transformações químicas, isto é, no caso da influência da concentração, todas as reações são consideradas como sendo de primeira ordem.

Já a segunda situação de aprendizagem não é utilizada por P5, tampouco seu conteúdo é tratado. As explicações microscópicas sobre os fenômenos observados nos experimentos não são desenvolvidas com os alunos:

“Cinética química eu dou bem simples, eu não me aprofundo muito. Mas, tem uma parte de cinética que eu não conseguiria dar nunca pra eles, que são os cálculos e as explicações. Então eu sei que o conceito é simples, mas o que vem por trás é difícil” (Professor 5).

Novamente, a escolha dos conceitos tratados e excluídos do ensino estão relacionados ao domínio conceitual do professor. Em cinética química, P5 prevê adequadamente o efeito da temperatura, do catalisador e da superfície de contato, porém com relação a concentração, não considera as ordens de reação, fato totalmente reproduzido em seu ensino. Nas demais áreas, que tratam sobre aspectos microscópicos da cinética química, seu nível de compreensão conceitual não é adequado, logo os conceitos relacionados não são ensinados.

Observando o trabalho realizado por P5 nos três conteúdos, percebe-se práticas de ensino diferentes para cada um deles. Com relação a eletroquímica, que manifesta o Padrão 1, o professor consegue tratar todos os conceitos, sendo crítico as adaptações realizadas e necessárias à sua realidade. O professor relata fazer uso de uma atividade inicial para identificar as ideias prévias e a partir delas desenvolver a sequência de ensino. Faz uso da sequência de

experimentos que levam o aluno a comparar e elaborar hipóteses a respeito do uso e da geração de energia. Ainda, tem a preocupação de tratar os impactos ambientais causados por pilhas e processos eletrolíticos. Isso vai ao encontro do que Carvalho e Gil-Pérez (2011) apontam como sendo necessário ao preparar atividades aos alunos.

Com os conteúdos de cinética química e equilíbrio químico, dificuldades maiores são manifestadas, impedindo o ensino na totalidade e profundidade requerida nos documentos oficiais. Como aponta Raviolo (2006), o professor é a principal fonte de conhecimento do aluno, sendo assim, quando o professor apresenta dificuldades conceituais, estas perpetuam nos alunos, que são privados do ensino dos conceitos em questão.

7.3.2. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 4.

Analizando P4 e relembrando seus padrões de compreensão conceitual, temos que o mesmo apresenta Padrão 2 em cinética química e equilíbrio químico, significando que compreende algumas áreas, porém em outras não manifesta explicações fundamentadas e consistentes. Em eletroquímica, revela o Padrão 3, indicando conhecimento pontual, com nível de compreensão conceitual adequado em algumas áreas, mas com predomínio de compreensão conceitual insuficiente e inadequado.

No Quadro 17, que se refere ao conteúdo de maior dificuldade de P4, eletroquímica, pode-se notar que nas áreas que requerem explicações microscópicas mais elaboradas o professor apresenta níveis de compreensão conceitual insatisfatórios.

Quadro 17. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Conceito de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação das semi-reações de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Adequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Processo / Evidência de transformação química	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	Como funcionam as pilhas (SA3) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação microscópica do sistema	Estudando o processo da eletrólise (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

O professor apresenta compreensão conceitual adequada apenas ao definir os processos de redução e de oxidação e representar as respectivas semi-reações. Nas demais áreas apresenta dificuldades conceituais. Como consequência dessas dificuldades P4 relata não tratar o conteúdo de eletroquímica com seus alunos:

“O conteúdo que mais tenho dificuldade é eletroquímica. Eu estudo, mas em qualquer concurso o que me mata é a eletroquímica, tanto é que não consegui dar ainda” (Professor 4).

Nesse caso, pode-se notar que embora P4 apresente nível de compreensão conceitual adequado em duas áreas, essa boa compreensão não é suficiente para que desenvolva uma sequência de ensino sobre o conteúdo de eletroquímica. O professor define adequadamente redução e oxidação e representa suas semi-reações, mas por não compreender que tais processos ocorrem simultaneamente e que, quando espontâneo, gera corrente elétrica, o ensino de pilhas e baterias fica inviável. As dificuldades em representar processos eletrolíticos e a ideia equivocada de que na eletrólise os processos são o inverso da pilha também impossibilita o ensino.

Analizando seu domínio sobre o conteúdo de equilíbrio químico, pode-se notar o predomínio de níveis de compreensão conceitual adequado e incipiente, bem como o reflexo disso em sua prática de ensino (Quadro 18).

Quadro 18. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1) Entendendo a escala de pH (SA2)	Adequado	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Influência da concentração na constante de equilíbrio	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3) (introdução) Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência (SA5)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Influência da temperatura na constante de equilíbrio	Influência da temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico (SA4)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Influência dos catalisadores	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem
Influência de sólidos e líquidos puros	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

Para iniciar o ensino de equilíbrio químico o Professor 4 faz uso da Situação de Aprendizagem 1. No contexto da síntese da amônia e utilizando como recurso didático os textos presentes no caderno do aluno, P4 trata o conceito de equilíbrio químico – rapidez das reações direta e inversa, reações que não se completam e entram em estado de equilíbrio químico e constância das concentrações – e trata parcialmente a influência da temperatura, pressão, catalisadores e concentração no estado de equilíbrio químico.

Essa abordagem parcial significa que o professor não aprofunda o conceito, faz uma breve discussão conforme vão sendo citados no texto da Situação de Aprendizagem 1 e não retoma nas demais situações de aprendizagem:

“Trato com os alunos o conceito de equilíbrio químico e quais os fatores que influenciam o equilíbrio. A parte de influência da concentração e temperatura eu já conversei com eles, explicando a questão da pressão. Comecei explicando ‘pra’ eles como funciona se eu tenho mais pressão, pra onde que vai deslocar. Um ensino mais conceitual, que ‘to’ dando mais leve ‘pra’ poder entrar com química orgânica” (Professor 4).

Dois pontos devem ser considerados nesse trecho de fala de P4: primeiro é a ideia equivocada de deslocamento, segundo, a prioridade dada ao conteúdo de química orgânica em detrimento ao de equilíbrio químico. No primeiro caso, pode-se pensar na possibilidade de um ensino pautado em explicações generalizadas da influência das variáveis no estado de equilíbrio químico, ou seja, o deslocamento do sentido das reações como maneira de minimizar as

perturbações. Isso pode ser um reflexo das concepções apresentadas por P4, com níveis de compreensão conceitual incipiente e inadequado ao tratar dessas áreas, manifestando dificuldades em explicar a influência das concentrações, a influência da temperatura quando em reações endotérmicas e exotérmicas e por considerar que a adição e a remoção de sólidos e líquidos puros afetam diretamente o estado de equilíbrio químico, explicando com base no princípio de Le Chatelier.

Sobre isso, Carobin e Serrano (2007) apontam que, concepções alternativas relacionadas ao conhecimento de variáveis que influenciam no estado de equilíbrio químico costumam ser maior em professores do que em estudantes, pois muitos professores apoiam-se na exclusividade e certeza do Princípio, sem uma resolução mais crítica e reflexiva do assunto.

Já, no segundo caso, em respostas dadas nas entrevistas e no instrumento apresentado como Apêndice C, nota-se maior familiaridade e compreensão dos conceitos de química orgânica, pois relata tratar todos os conceitos requeridos pelo currículo do Estado de São Paulo:

“Química orgânica não é um problema para mim, aí cinética química eu também trabalho mais rápido, senão entra no terceiro bimestre e eles ficam sem orgânica. Constante de equilíbrio eu também não vou entrar, não tem condições deles entenderem” (Professor 4).

O professor mostra preocupação em ensinar química orgânica, ao passo que relata realizar um ensino superficial sobre o conteúdo de cinética química e excluir o ensino de áreas do conteúdo de equilíbrio químico. O conteúdo de química orgânica vinha sendo, tradicionalmente, tratado ao longo da terceira série do ensino médio, porém o atual currículo de química do Estado de São Paulo, em concordância aos demais documentos oficiais, rompeu com essa tradição. Os conceitos relacionados à química orgânica não mais são tratados exclusivamente ao longo da 3ª Série, porém no segundo semestre dessa série arranjos atômicos e moleculares para explicar a formação de cadeias, ligações, funções orgânicas e isomeria são tratados no contexto dos componentes dos alimentos e dos combustíveis fósseis. Mas, o que se percebe é um ensino de química orgânica que se restringe à nomenclatura, representação e identificação dos compostos orgânicos e grupos funcionais (BINSFELD; AUTH; MACÊDO, 2013; RODRIGUES; SILVA, 2010). Como o professor relata tratar todos os conceitos relacionados a química orgânica, pode-se pensar em um ensino concentrado na 3ª Série, fazendo com que os demais conteúdos dessa série, somados as dificuldades, não sejam tratados.

Novamente, é possível notar que é dada importância àquilo que se sabe e se tem segurança, pois, outra área não selecionada para tratar durante as aulas é a influência de sólidos e líquidos puros, presente na Situação de Aprendizagem 3. E, como já dito em parágrafos anteriores, nessa área P4 apresentou nível de compreensão conceitual inadequado por considerar que a influência de sólidos e líquidos puros seguia a generalização do Princípio de Le Chatelier.

Com relação ao conteúdo de cinética química, o professor 4 apresentou Padrão de compreensão conceitual semelhante à do conteúdo de equilíbrio químico, com níveis incipientes e adequado e práticas de ensino que sugerem um tratamento parcial dos conceitos presentes no currículo de Química do Estado de São Paulo, conforme presente no Quadro 19.

Quadro 19. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P4 nas áreas do conteúdo de cinética química.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre? (SA1)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Modelos explicativos	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas? (SA2)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas? (SA2)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas? (SA2)	Adequado	Trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem

Fonte: Elaborado pela autora.

Como apontado anteriormente, no conteúdo de cinética química, P4 relata tratar em sala de aula, porém parcialmente. Em suas manifestações aponta a realização de atividades experimentais como as sugeridas no caderno do aluno e também o ensino das explicações microscópicas:

“Esses dias eu dei uma prova ‘pro’ terceiro ano de cinética, a gente fez os experimentos no laboratório e eu dei uma questão totalmente conceitual: olha, eu tenho magnésio em fitas inteiras e em raspas e eles disseram que não conheciam. Tinha uma questão de choques eficazes também e a nota maior foi 5. Aí eu entrei na sala pra baixo e disse: não é possível que vocês fizeram um experimento, nós discutimos em sala, vocês concluíram porque eu não dei resposta nenhuma, perguntei se eu tivesse um pedaço de carne inteira e se eu tivesse carne moída e se eu, muito relapsa, esquecesse na geladeira, qual teria a probabilidade de estragar mais rápido? Todos me disseram que seria a carne moída, então por que o magnésio inteiro iria reagir mais rápido?” (Professor 4).

Nesse momento em que P4 relata dificuldades identificadas nos alunos a partir de uma avaliação realizada, manifesta detalhes de como aborda o conteúdo em sala de aula. Quando questionado a respeito do que seriam os experimentos no laboratório e o que seria a questão conceitual, P4 relata a realização dos experimentos sobre a influência da temperatura, concentração, superfície de contato e catalisadores. Assim como P5, essas variáveis são discutidas apenas no contexto do experimento. Discussões sobre ordem de reação não são realizadas e isso pode estar relacionado à dificuldade manifestada pelo mesmo, já que o nível de compreensão conceitual nessa área do conteúdo aponta para a não consideração das ordens de reação.

A diferença entre os dois professores é que P4 procura discutir os aspectos microscópicos da influência das variáveis (temperatura, concentração, superfície de contato), mas sua compreensão incipiente o impede de desenvolver explicações conceitualmente corretas. Isso fica evidente no momento em que o professor sugere uma explicação microscópica sobre a influência das variáveis na rapidez da transformação química. O trecho a seguir trata da explicação para a influência da temperatura:

“Para meus alunos eu explico da seguinte maneira: com o aumento da temperatura há maior movimentação das partículas, com o aumento da movimentação, maior quantidade de choques. Portanto maior a probabilidade de choques eficazes, isto com orientação favorável para a quebra de ligação e formação de novas substâncias” (Professor 4).

Pode-se perceber no trecho anterior que ao fazer uso da teoria das colisões P4, embora mencione movimento das partículas, considera apenas a orientação das espécies como característica de um choque eficaz, não evidenciando a energia envolvida, consequência do nível de compreensão conceitual incipiente na respectiva área. Por outro lado, o professor destaca a importância de explicar que o catalisador atua mudando as etapas nas quais a reação química ocorre e não diminuindo a energia de ativação. Relata explicar a representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação:

“Eu sempre falo que o catalisador não indica somente a diminuição da energia de ativação, como induz a observação de alguns gráficos. A presença do catalisador promove um novo caminho que pode envolver mais de uma etapa” (Professor 4).

Diferente do professor 5, P4 não manifestou Padrão 1 para os conteúdos. O Padrão 2 manifestado em equilíbrio químico e em cinética química resultou em um ensino parcial: equilíbrio químico foi introduzido no contexto da síntese da amônia, porém seu ensino pode ter sido totalmente generalizado a partir do Princípio de Le Chatelier; cinética química é abordada experimentalmente, com atividade de demonstração dos fatores que influenciam na rapidez de uma reação química, mas durante as explicações microscópicas P4 manifesta dificuldades conceituais. Eletroquímica foi o conteúdo que P4 apresentou maiores dificuldades, resultando em um Padrão 3 de nível de compreensão conceitual. Como consequência o conteúdo não é tratado durante as aulas.

7.3.3. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 6.

O Professor 6 apresentou Padrão 4 em eletroquímica e cinética, manifestando falta de domínio dos conteúdos, já que os níveis de compreensão conceitual partem do incipiente, porém com predomínio dos níveis insuficiente e inadequado. Em equilíbrio químico manifestou Padrão 3, indicando um conhecimento pontual por apresentar compreensão conceitual adequada em uma única área e nas demais incipiente, insuficiente e inadequado.

Iniciando pelo conteúdo de eletroquímica, disposto no Quadro 20, pode-se notar que o professor 6 trata o conteúdo de eletroquímica em sala de aula. Por outro lado, pode-se perceber que, nas áreas em que apresenta nível de compreensão conceitual incipiente o conteúdo é tratado fora do contexto das situações de aprendizagem e que nas áreas em que apresenta nível de compreensão conceitual insuficiente o conteúdo é tratado parcialmente.

Quadro 20. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Conceito de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Incipiente	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Representação das semi-reações de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Incipiente	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Incipiente	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Processo / Evidência de transformação química	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Incipiente	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	Como funcionam as pilhas (SA3)	Insuficiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
	Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)		Situações de Aprendizagem
Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Insuficiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Representação microscópica do sistema	Estudando o processo da eletrólise (SA2)	Insuficiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem

Fonte: Elaborado pela autora.

O nível de compreensão conceitual incipiente para as três primeiras áreas indica domínio em conceitos relacionados às pilhas, mas dificuldades em eletrólise. Já, nas demais áreas, o nível de compreensão conceitual insuficiente indica dificuldade em elaborar explicações microscópicas para os fenômenos.

Como consequência disso tem-se que P6, embora trate os conceitos relacionados às três primeiras áreas, tem como prioridade o estudo das pilhas, já que ao relatar sua sequência de aulas, disponibiliza cinco aulas para o ensino de pilhas e uma aula para o ensino de eletrólise.

Outro ponto a se considerar é a quantidade total de aulas destinadas ao ensino de eletroquímica. Segundo o Currículo de Química do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), as habilidades relacionadas ao conteúdo de eletroquímica devem ser tratadas ao longo do quarto bimestre da segunda série do ensino médio. Isso significa, aproximadamente, 20 aulas. Mas, P6 apresenta um número bem inferior de aulas destinadas a esse conteúdo, o que pode estar relacionado ao fato de tratar superficialmente os aspectos microscópicos.

Com relação ao conteúdo de equilíbrio químico, cujo Padrão de resposta é 3, é notável que o conteúdo não é tratado considerando todos os conceitos estabelecidos no Currículo do Estado de São Paulo. Isso pode ser observado no Quadro 21.

Quadro 21. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1) Entendendo a escala de pH (SA2)	Insuficiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Influência da concentração na constante de equilíbrio	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3) (introdução) Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência (SA5)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Influência da temperatura na constante de equilíbrio	Influência da temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico (SA4)	Incipiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Influência dos catalisadores	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1)	Adequado	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Influência de sólidos e líquidos puros	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

O professor 6 relata que ainda não conseguiu tratar todo o conteúdo de equilíbrio químico com seus alunos. Segundo ele, suas dificuldades e a pequena quantidade de aulas semanais o impede de planejar uma sequência:

“Ainda não consegui alcançar este conteúdo. Não consigo alcançar tudo devido a dificuldades que tenho e devido ao tempo (duas aulas semanais). Trato o que dá com exemplos e o conceito” (Professor 6).

Sobre as áreas tratadas por P6, ‘rapidez das reações direta e inversa’ é aquela em que o conceito de equilíbrio químico é inserido. Embora o nível de compreensão conceitual do professor nessa seja insuficiente, a área é trazida para a sala de aula como uma maneira de apresentar o conteúdo para os alunos. Como relatado por P6, essa área é tratada parcialmente no sentido de que é apenas apresentado o conceito e dados alguns exemplos.

As variáveis que influenciam no estado de equilíbrio químico não são tratadas por P6, com exceção do uso do catalisador, sobre o qual o professor apresentou nível de compreensão conceitual adequado. Mesmo com esse domínio na área, dentro do conteúdo de equilíbrio químico, é tratado apenas como exemplificação, por isso categorizado em tratado parcialmente. O uso do catalisador não é trabalhado no contexto da produção da amônia, por exemplo, considerando-se as demais variáveis.

Em cinética química P6 restringe suas aulas apenas às observações dos fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química, área em que apresentou nível de compreensão conceitual incipiente. As demais áreas, cujo nível de compreensão foi inferior, não são tratadas, como representado no Quadro 22.

Quadro 22. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P6 nas áreas do conteúdo de cinética química.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre? (SA1)	Incipiente	Trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Modelos explicativos	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas? (SA2)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo P6, em suas aulas de cinética química, é proposta a realização de experimentos sobre a influência de variáveis na rapidez da transformação química, porém sem o uso de modelos microscópicos para explicar os fenômenos observados. Além disso, assim como P5, não são tratadas as peculiaridades de cada variável como, por exemplo, a relação entre a ordem de reação e a influência da concentração. Isso vai ao encontro do que P6 manifestou em sua compreensão nesta área, já que o nível de compreensão conceitual incipiente indica que o professor considera que a concentração influencia na rapidez da reação da mesma maneira, independente da reação.

7.3.4. Padrão conceitual e práticas de ensino do professor 10.

O professor 10 manifesta Padrão 5 para os três conteúdos. Isso significa que apresenta compreensão conceitual insatisfatória, já que na maioria das áreas o nível de compreensão conceitual é inadequado. Observando o Quadro 23 é possível notar a não compreensão dos conceitos relacionados a eletroquímica e como consequência a não seleção do conteúdo para ser tratado em sala de aula.

Quadro 23. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de eletroquímica.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Conceito de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação das semi-reações de redução e oxidação	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Processo / Evidência de transformação química	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Como funcionam as pilhas (SA3)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	Como funcionam as pilhas (SA3) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	Estudando o processo da eletrólise (SA2) Aplicações das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento de eletricidade (SA1)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação microscópica do sistema	Estudando o processo da eletrólise (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

P10 manifestou compreensão conceitual inadequada em todas as áreas de eletroquímica. Não compreende os conceitos de redução e oxidação e a possibilidade de se obter corrente elétrica a partir de reações espontâneas, por exemplo, o que torna o ensino do conteúdo inviável para o professor.

Sobre o conteúdo de equilíbrio químico são manifestados níveis de compreensão conceitual incipiente em duas áreas e inadequado nas demais. As áreas em que P10 manifestou compreensão conceitual incipiente se refere a rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico e influência dos sólidos e líquidos puros. Como consequência o professor relata tratar de maneira superficial apenas a rapidez das reações direta e inversa, deixando as demais sem serem trabalhadas com seus alunos (Quadro 24).

Quadro 24. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de equilíbrio químico.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1) Entendendo a escala de pH (SA2)	Incipiente	Trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem
Influência da concentração na constante de equilíbrio	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3) (introdução) Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência (SA5)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Influência da temperatura na constante de equilíbrio	Influência da temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico (SA4)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Influência dos catalisadores	Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (SA1)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Influência de sólidos e líquidos puros	Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico? (SA3)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

Acompanhando as aulas desse professor foi possível notar a grande dificuldade de interação com seus alunos. Durante as aulas sobre a área de equilíbrio químico que relata tratar, as estratégias e atividades não respeitam as concepções prévias dos alunos. Além disso, a aula não incentiva a investigação ou solução de problemas, tampouco incentiva o aluno a expor suas ideias. Os alunos não fazem perguntas, nem são estimulados a questionar, de modo que a condução da aula é feita exclusivamente pelo professor.

Outro ponto a considerar é que P10 faz uso dos textos sobre a síntese da amônia, presentes no caderno do aluno, para introduzir o conceito de rapidez das reações direta e inversa, porém, mesmo os alunos tendo no caderno o texto é colocado na lousa para ser copiado. Questionado, P10 explica que:

“Eles querem que você passe na lousa [...] até deu discussão com uma aluna porque eu ‘tava’ evitando passar texto, aí revoltaram falando que eu não ‘to’ passando texto, que eu ‘to’ enrolando com a aula e não ‘to’ querendo explicar nada. Então agora a aula tem que ser texto, com duas questões para responder em dois minutos” (Professor 10).

Pode-se perceber, então, a grande dificuldade de P10 em estabelecer boas relações com os alunos e em tratar esse conteúdo. Sua falta de segurança e domínio podem levar a optar pela passagem do texto com questões para responder, sem explicações sobre o conteúdo. Os conceitos relacionados ao equilíbrio químico não são explorados e o foco da aula é o processo de obtenção da amônia.

Com o conteúdo de cinética química foi semelhante à eletroquímica. O professor apresentou nível de compreensão conceitual insuficiente ao tratar dos fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química, o que significa que não considera as ordens de reação ao tratar da influência da concentração e, sobre o estado de agregação, manifesta a ideia de que ao triturar um sólido a superfície de contato será menor, relacionando superfície de contato com o tamanho do sólido. Nas demais áreas o nível de compreensão conceitual foi inadequado e em decorrência a isso P10 não trata o conteúdo de cinética química em sala de aula, como mostrado no Quadro 25.

Quadro 25. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino de P10 nas áreas do conteúdo de cinética química.

Área do Conteúdo	Situação de Aprendizagem	Nível de Compreensão Conceitual	Prática de Ensino
Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre? (SA1)	Insuficiente	Não trata o conteúdo em sala de aula
Modelos explicativos	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula
Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações química? (SA2)	Inadequado	Não trata o conteúdo em sala de aula

Fonte: Elaborado pela autora.

P10 relata que sua dificuldade o impede de ensinar o conteúdo a seus alunos e que isso é uma consequência de um ensino insuficiente na universidade:

“Equilíbrio químico eu trato um pouco, mas cinética química é muito difícil trabalhar com eles, equilíbrio químico também é. Ácido e base, pH, dá ‘pra’ trabalhar bem, aí constante de equilíbrio não dá. Eu tenho um pouco de dificuldade porque na faculdade eles passaram um pouco por cima, então quando você vai passar ‘pro’ aluno você sabe como professor, mas você não consegue passar perante a dificuldade deles porque você tem que saber mais para poder ensinar com segurança e acabar com as dificuldades deles”.

Percebe-se que a formação universitária pode estar intimamente relacionada ao trabalho docente posterior. Quando o professor não recebe uma boa formação, suas dificuldades são levadas para a sala de aula e acaba dificultando seu trabalho. Os alunos, por sua vez, não terão acesso ao ensino de determinados conteúdos e poderão levar dificuldades ou lacunas para o trabalho, o dia a dia ou ensino superior. Assim, pode-se justificar o fato de as dificuldades conceituais de professores da educação básica serem semelhantes aquelas identificadas em alunos dos ensinos básico e superior.

Sustentando essa ideia, Raviolo et al. (2001) concluem que a presença de concepções alternativas em professores e em alunos do ensino superior pode ser fruto de um ensino universitário que não se mostra eficaz na superação dessas concepções alternativas que, por sua vez, já foram encontradas em alunos do ensino médio. Isso pode se transformar em um ciclo vicioso, uma vez que o professor é a principal fonte para os alunos, de modo que as dificuldades apresentadas por eles podem ter reflexo em seus alunos (RAVIOLO; MARTÍNEZ-AZNAR, 2005).

7.3.5. Relação entre nível de compreensão conceitual e conceitos tratados em sala de aula.

Com o intuito de ter uma visão ampla dos níveis de compreensão conceitual dos participantes do grupo colaborativo, o Quadro 26 apresenta os níveis de compreensão conceitual de todos os professores para todas as áreas dos conteúdos discutidos, bem como a prática de ensino por eles adotada. Os quadros na cor verde representam o nível de compreensão conceitual adequado, os de cor azul, incipiente, com a cor amarela, insuficiente e de vermelho,

inadequado. Já os números de 1 a 4 se referem, respectivamente em: trata o conteúdo e considera as Situações de Aprendizagem, trata o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem, trata parcialmente o conteúdo e não considera as Situações de Aprendizagem e não trata o conteúdo.

Quadro 26. Nível de compreensão conceitual e prática de ensino dos professores para os conteúdos discutidos.

Conteúdo	Área	P 1	P 2	P 3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Eletroquímica	Conceito de redução e oxidação	4	3	1	4	1	2	2	2	4	4	4	2
	Representação das semi-reações de redução e oxidação	4	3	1	4	1	2	2	2	4	4	4	2
	Definição de cátodo, ânodo, polo positivo e polo negativo	4	3	1	4	1	2	2	2	4	4	4	2
	Processo / Evidência de transformação química	4	3	1	4	1	2	3	2	4	4	4	2
	Espontaneidade para obtenção de corrente elétrica	4	3	1	4	1	3	3	2	4	4	4	2
	Uso de energia elétrica para forçar reações não espontâneas	4	3	1	4	1	3	4	2	4	4	4	2
	Representação microscópica do sistema	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
Equilíbrio químico	Rapidez das reações direta e inversa ao atingir o equilíbrio químico	3	1	2	2	1	3	4	3	4	3	3	2
	Influência da concentração na constante de equilíbrio	4	4	4	3	1	4	4	2	4	4	3	2
	Influência da temperatura na constante de equilíbrio	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	2
	Influência dos catalisadores	4	4	2	2	1	3	4	3	4	4	3	2
	Influência de sólidos e líquidos puros	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4
Cinética Química	Fatores que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química	2	3	2	3	2	2	4	2	4	4	2	2
	Modelos explicativos	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3
	Entendimento do mecanismo ou caminho de uma reação	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3
	Representação gráfica da ação do catalisador no caminho da reação	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir desses dados, foi somado o número de vezes que cada nível de compreensão conceitual foi manifestado pelos professores, para cada conteúdo, conforme ilustrado, em termos de porcentagem, na Figura 20.

Figura 20. Níveis de compreensão conceitual dos professores para os conteúdos de Eletroquímica, Equilíbrio Químico e Cinética Química.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em eletroquímica, considerando todos os professores e todas as áreas, o nível de compreensão conceitual adequado foi manifestado 23 vezes, correspondendo a 27%, enquanto os níveis considerados insatisfatórios (incipiente, insuficiente e inadequado) foram manifestados 61 vezes, somando 73% das respostas. O mesmo acontece nos conteúdos de equilíbrio químico e cinética química, pois em equilíbrio químico o nível de compreensão conceitual adequado foi manifestado 16 vezes, contra 44 dos demais e em cinética química apenas uma vez. Nos três conteúdos, os níveis de compreensão conceitual considerados insatisfatórios foram superiores ao nível de compreensão conceitual adequado, confirmando a falta de domínio dos professores para tais. Além disso, cinética química foi o conteúdo menos compreendido pelos professores, talvez porque o ensino deste seja pautado nos aspectos macroscópicos e de senso comum das variáveis que influenciam na rapidez das transformações químicas, enquanto que, nas discussões e atividades, procurou-se relacionar as evidências macroscópicas com os modelos explicativos.

Posteriormente, foi somado o número de vezes que cada nível de compreensão conceitual é tratado no contexto das situações de aprendizagem, tratado sem considerar as situações de aprendizagem, tratado parcialmente e não tratado, conforme ilustrado na Figura 21 ilustra, em termos de porcentagem.

Figura 21. Relação entre o nível de compreensão conceitual e a forma em que os conceitos foram tratados em sala de aula.

Os quatro gráficos se referem ao: 21a) nível de compreensão conceitual adequado e as práticas de ensino manifestadas; 21b) nível de compreensão conceitual incipiente e as práticas de ensino manifestadas; 21c) nível de compreensão conceitual insuficiente e as práticas de ensino manifestadas; 21d) nível de compreensão conceitual inadequado e as práticas de ensino manifestadas.

Iniciando pelo nível de compreensão conceitual adequado (Figura 21a), pode-se notar que 30% das áreas são tratadas pelos professores em sala de aula, seguindo o caderno de orientação, e 42% são tratadas com os alunos mesmo que fora do contexto das situações de aprendizagem. Juntos, somam 72%, o que mostra uma superioridade com relação às áreas não tratadas ou tratadas parcialmente.

Foi possível notar que os professores que tratam o conteúdo no contexto das situações de aprendizagem e apresentam nível de compreensão conceitual adequado apresentam maior criticidade com relação à sequência dos conteúdos, habilidades a serem desenvolvidas, estratégias e material utilizado. Sobre algumas habilidades que pretende que os alunos desenvolvam sobre o conteúdo de eletroquímica, P5, que manifestou Padrão 1, destaca:

“Compreender que existem reações químicas que ocorrem com transferência de elétrons que podem gerar corrente elétrica; análise de dados experimentais para relacioná-los a modelos microscópicos estudados; compreensão do conceito de reação de oxirredução; compreender os impactos ambientais relacionados ao uso de pilhas e baterias; avaliar como a composição das pilhas pode influenciar em possíveis impactos; aplicar os modelos atômicos estudados para explicar as transformações químicas ocorridas em uma pilha; reconhecer que existem transformações que ocorrem com o envolvimento de eletricidade e perceber a importância dessas transformações no sistema produtivo; relacionar os impactos causados pelo uso industrial dos processos de eletrólise com as discussões sobre a viabilidade do uso de diferentes fontes de energia”. (Professor 5 – 3º Encontro)

Ao destacar algumas habilidades, P5 procura estabelecer relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente ao elaborar sua sequência de ensino de eletroquímica, relação muito admirada na área de ensino de química, visto que a alfabetização científica e tecnológica auxilia o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores para a tomada de decisões e atuação na solução de questões voltadas a ciência e tecnologia na sociedade (SANTOS e MORTIMER, 2002), de maneira sustentável.

Pode acontecer do professor pensar em aulas com a abordagem CTSA, porém apresentar uma prática pedagógica baseada em fatos do dia a dia, com o intuito de exemplificar ou ilustrar ao ensinar conhecimentos químicos. Mas, voltando às habilidades elencadas por P5, é possível notar a preocupação em não apenas exemplificar, mas criar contextos capazes de favorecer o desenvolvimento de habilidades de alta ordem cognitiva. Habilidades caracterizadas por capacidades do tipo compreender, avaliar e analisar, na maioria das vezes

consideradas por P5 em sua sequência, são caracterizadas por Zoller (1993) como sendo aquelas que necessitam mais de altas demandas cognitivas.

Os professores que apresentam nível de compreensão conceitual adequado e tratam os conteúdos sem usar as situações de aprendizagem, foram aqueles enquadrados no Padrão do tipo 2, ou seja, apresentam níveis de compreensão conceitual, predominantemente, adequados e incipientes, porém não apresentam domínio pleno do conteúdo, visto que níveis insuficiente e inadequado também são manifestados. O reflexo disso são aulas tendendo ao tradicional, ficando evidente na sequência didática elaborada por P8 e P12. Nelas, embora requisitadas, não são propostas habilidades, apenas objetivos:

“Conceito sobre elétrons, corrente; potencial da pilha; lista de potencial de redução; montagem do experimento; eletrodo (cátodo, ânodo, oxidação e redução); cálculo de potencial; desenvolvimento de exercícios; atividade avaliativa sobre conhecimento adquirido”.
(Professor 8 – 3º Encontro).

“Listar algumas aplicações de eletroquímica no cotidiano; esquematizar um modelo de pilha e determinar suas reações; prever a ocorrência de uma reação através do cálculo da diferença de potencial; entender como ocorre uma eletrólise e identificar os tipos existentes; definir o que é corrosão, descobrir como ocorre e os tipos de fatores que a favorecem; contextualizar o conhecimento adquirido em sala através de exemplos do cotidiano”. (Professor 12 – 3º Encontro).

O Professor 8 apresenta objetivos totalmente conceituais, não explicitando propostas de atividades com estratégias que visem o desenvolvimento da criticidade, autonomia e que estabeleça relações com a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Já, o Professor 12, embora se expresse por verbos que denotam ações cognitivas, esses estão relacionados às habilidades de baixa ordem cognitiva, como listar, definir, e resolver exercícios ao invés solucionar problemas. Também aponta a contextualização do conhecimento, porém no nível da exemplificação.

Professores que apresentam nível de compreensão conceitual adequado e tratam os conceitos parcialmente, ou não os tratam, são aqueles que apresentam o Padrão 3, em que

predominam níveis insuficientes e inadequados e remete ao domínio pontual de determinado conteúdo. Esse domínio pontual não fornece subsídios ao professor, que parece optar por não o tratar em sala de aula ou tratá-lo de maneira superficial. O Professor 1, por exemplo, apresentou nível de compreensão conceitual adequado em apenas uma das cinco áreas de equilíbrio químico, enquanto nas demais apresentou níveis incipiente, insuficiente e inadequado. Talvez, devido a isso, ele tenha optado por não tratar o conteúdo, inclusive o da área que apresentou nível de compreensão conceitual adequado.

À medida que o nível de compreensão conceitual vai indicando dificuldades é possível perceber que os conteúdos são cada vez menos tratados. Sobre o nível de compreensão conceitual incipiente (Figura 21b), pode-se notar que a porcentagem de áreas tratadas sem o uso das situações de aprendizagem se manteve, ao passo que aulas seguindo o caderno de orientação foram menores.

Sobre os professores que tratam as áreas em que apresentam nível de compreensão conceitual incipiente, geralmente estes apresentam Padrão 2, ou seja, manifestam níveis de compreensão conceitual predominantemente adequadas e incipientes, porém quando esse incipiente não indica equívoco conceitual, apenas explicações com pobreza de detalhes. Um exemplo é P3, sobre o conteúdo de eletroquímica: das sete áreas, apresentou nível de compreensão conceitual adequado em três, nível de compreensão conceitual incipiente em outras três e nível de compreensão conceitual insuficiente em uma, ao passo que esta última não é por ele tratada. O nível de compreensão conceitual incipiente para as áreas citadas não significa equívoco conceitual, mas explicações com pobreza de detalhes, o que não o impediu de tratar o conceito em sala de aula.

Ainda, sobre o nível incipiente, acontece de as áreas serem tratadas sem o uso das situações de aprendizagem, quando apresentam Padrão 4, ou seja, não apresentam domínio do conteúdo. Nesse caso, novamente, percebemos a falta de se pensar em aulas reflexivas e com a participação do aluno. O professor 6, ao elaborar um roteiro para as aulas de eletroquímica, não pensa em atividades que promovam o desenvolvimento de habilidades de alta ordem cognitiva:

“(2 aulas) Atividades com questões para serem respondidas no caderno através da leitura de um material impresso, texto ou artigo, com informações sobre a pilha;

(2 aulas) Aula expositiva com o detalhamento da pilha de Daniell e com o auxílio do texto anterior retomar questões sobre a importância e uso

dos diferentes materiais. Discutir o conceito de oxido redução e sobre energia gerada. Exemplos e exercícios;

(2 aulas) Realização do experimento da pilha de Daniell (demonstrativo) utilizando a pilha montada com a solução no algodão, com revisão da aula expositiva.

(2 aulas) experimento da eletrólise e discussão de conceitos que diferenciam a pilha da eletrólise". (Professor 6 – 3º Encontro).

Percebe-se que o conteúdo, em sua maioria é tratado, já que P6 inclui conceitos relacionados aos processos que necessitam de energia elétrica para ocorrer e aqueles a partir dos quais se obtém energia, porém os desenvolve de maneira tradicional. Não cria um contexto para desenvolver o conteúdo, usa-o de maneira desconectada, apenas para exemplificar.

Sobre o nível de compreensão conceitual insuficiente (Figura 21c), um professor relata tratar a área que apresenta esse nível de compreensão e dois professores relatam tratar fora do contexto das situações de aprendizagem uma única área cada. No primeiro caso, P2 manifesta o Padrão 5 sobre o conteúdo de equilíbrio químico, apresentando nível de compreensão conceitual insuficiente em três áreas e nível de compreensão conceitual inadequado em duas. Segundo relatos do professor, a área que se refere à rapidez das reações direta e inversa é tratada, mesmo apresentando nível de compreensão insuficiente, para que os alunos tenham uma ideia sobre o conteúdo de equilíbrio químico, mas as demais áreas não são tratadas.

Algo semelhante ocorre com P3, que apresenta padrão 3 para o mesmo conteúdo e relata tratar os conceitos de duas áreas que apresentam nível de compreensão conceitual ‘melhor’ (insuficiente e adequada), fora do contexto das situações de aprendizagem, para que os alunos saibam os conceitos principais de equilíbrio químico, porém as demais áreas não são tratadas, pois, apresenta compreensão conceitual inadequada. Já o professor 8, relata adaptar todo o conteúdo de eletroquímica, inclusive a área que apresentou nível insuficiente.

O mais comum para os níveis incipiente, insuficiente e inadequado foi tratar o conteúdo parcialmente ou não tratar. Nenhuma área, cujo nível de compreensão conceitual foi inadequado, foi tratada ou adaptada e apenas 8% foi tratada superficialmente. Nesse último caso, a área somente era tratada quando o professor apresentava níveis melhores nas demais áreas do mesmo conteúdo.

Esses dados vão ao encontro do que apresentam Carvalho e Gil-Pérez (2011) sobre a necessidade de se conhecer o conteúdo a ser ensinado para que se tenha autonomia e criticidade

ao se desenvolver uma sequência didática. É como se o conhecimento científico fosse a base para a superação das demais necessidades formativas e, como consequência, o bom desempenho profissional. Isso significa que, para que o professor consiga pensar em uma sequência de ensino em que os conceitos não estejam desconectados, mas que sigam uma ordem lógica, de construção desses conceitos, é necessário que ele tenha uma visão ampla e com domínio desse conteúdo, ou seja, existe uma íntima aproximação entre ‘conhecer a matéria a ser ensinada’ e ‘saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva’.

Não quer dizer que apenas o domínio do conteúdo garanta a elaboração de estratégias de ensino com essa abordagem. São necessários, também, conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências, por exemplo. Mas, os dados aqui obtidos podem indicar que a falta de domínio conceitual pode ser o grande empecilho para o desenvolvimento de determinados conceitos em sala de aula e da busca por melhorar sua prática.

7.4. Superação de necessidades formativas proveniente das reflexões e discussões durante os encontros do grupo colaborativo.

A partir das transcrições das gravações em áudio e vídeo dos encontros, foi possível classificar as falas ou ações dos professores participantes, aqui nomeadas como interações. O intuito é o de identificar a possível superação de necessidades formativas, incluindo o aprofundamento conceitual. Cada conjunto de interações será denominado episódio, sendo o primeiro número relacionado ao encontro e o segundo ao número do episódio desse mesmo encontro. Em cada trecho de interação transcrito foi identificado o autor, o estágio colaborativo e o significado da interação, de acordo com as categorias criadas por Santos Jr. (2014) e caracterizadas no Quadro 9 (vide metodologia). As falas dos professores foram consideradas episódios de interação quando estavam relacionadas ao contexto da discussão e quando resultavam na participação de outros professores. A análise foi dividida por conteúdo químico para facilitar a identificação do contexto das discussões.

7.4.1. Interações identificadas durante a discussões do conteúdo de eletroquímica.

As discussões envolvendo o conteúdo de eletroquímica foram iniciadas com uma reflexão sobre as dificuldades e facilidades relacionadas ao conteúdo em questão. Nesse momento, foi possível notar que os professores não tinham consciência de suas dificuldades.

Atribuíam o ensino superficial de eletroquímica à cultura escolar, ao sistema educacional e aos alunos.

Episódio 1.1

P8: “O que eu sinto dificuldade é, por exemplo, se uma escola tem vários professores de química, como no meu caso, eu queria saber o que o professor do primeiro ano dá, pra eu dar continuidade no segundo, só que não tenho esse link. As vezes acabo pulando determinado conteúdo porque no meu planejamento já teria dado, mas o professor anterior não deu. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência / exemplificação da própria prática.**

P12: “Mas as vezes tem só a gente, então como vamos discutir com o professor de português?”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P6: “Na escola que estou também tem outro professor de química, mas que tem um programa diferente do meu. Ele dá muito mais do que está prescrito no currículo de química, mas eu não consigo. Em outra escola, quem dá aula de química é o professor de biologia, então eu pego o caderno e só vejo tratamento de água, tanto que eles jogaram o caderno do aluno fora porque o professor falou pra jogar. Fico perdida por não haver troca. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P12: “A dificuldade maior que eu vejo em sala de aula, que me impede de realizar meu trabalho, é a quantidade de alunos que a gente tem por sala porque no particular eu tenho 15 alunos. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

P3: “Quando você pega uma escola boa, que tem alunos mais interessados, facilita. Mas, tem escola que a gente pega, que é muito difícil. Se você pega um tema muito complicado, você é taxado como o vilão, então me questiono se para essa classe social vou fazer isso ou não. Querer aprofundar no nosso nível, fica difícil. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

Os professores destacaram a cultura do individualismo, definida por Hargreaves (1999), como uma dificuldade no exercício da docência. Relataram sentir necessidade de um trabalho em conjunto com os demais docentes da disciplina, para que o ensino de química tivesse continuidade de um ano para o outro ou como troca de experiências. Quando se pensa nas ATPC (Atividades de Trabalho Pedagógico Coletivo), reuniões semanais nas quais os professores da rede estadual de São Paulo são obrigados a participar na escola, pensa-se em um

espaço de formação continuada dos educadores em que, dentre outros, tem como objetivos: possibilitar a reflexão sobre a prática docente; favorecer o intercâmbio de experiências; promover o aperfeiçoamento individual e coletivo dos educadores (CARDA; TOMMASIELLO, 2012). Mas, o que se percebe são reuniões para resolver questões burocráticas, como preenchimento de diários de classe, correção de provas, fechamento de notas, que acaba resultando na falta de atividades pedagógicas, deixando o trabalho sem reflexão e promovendo a cultura do individualismo.

Outro ponto apontado foi o número excessivo de alunos por sala e o ensino superficial dos conceitos devido ao despreparo dos alunos. Muitos professores relatam não tratar determinados conteúdos na extensão e profundidade requerida pelos documentos oficiais devido ao despreparo de seus alunos.

Durante esse diálogo, os docentes debatem acerca de um tema que incomoda grande parte dos professores. Observa-se que, a partir da declaração de dificuldade do professor 8, os professores 12, 6 e 3 vão inserindo novos elementos ao debate (Elicitação). Essas interações favorecem o aprofundamento da reflexão, mas, por se tratar de um tema polêmico, não se pôde identificar evidências de construção colaborativa de conhecimento, pois o consenso não é estabelecido, existem apenas declarações.

As pesquisadoras questionaram, então, se os professores se sentiam preparados para ensinar os alunos, caso os mesmos estivessem aptos ao ensino na complexidade que se espera. Nesse momento, transcrito no episódio 1.2, os professores começaram a refletir sobre seu conhecimento.

Episódio 1.2

P12: “Aquilo que eu não trabalho com frequência, eu tenho mais dificuldade. Dou aula pro primeiro ano, então minhas dificuldades são com os conteúdos de segundo e de terceiro. Primeiro ano é mais tranquilo, com exceção de algumas coisas, tipo decomposição. Estava aqui pensando: será que toda decomposição é exotérmica? Tem coisas que, mesmo eu trabalhando, eu não me aprofundo porque eu estou no nível do aluno. Aí termino tendo dificuldade depois”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

P6: “Eu penso como ela, existem muitas dificuldades, então a gente vai nesse mesmo caminho. Você fica preocupado em avançar porque eles são despreparados e nessa de tratar tudo superficialmente deixa a gente desatualizado né”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P12: “Mas não pode ser culpa nossa? Porque você pode instigar o aluno quando você tem um conhecimento maior. Por mais que o aluno saiba pouco, você consegue instigar o aluno a tentar pensar que ele pode ir além do que ele está indo. **CCA – questionamento reflexivo.**

P6: “É não ter medo de colocar os desafios [...] o problema é quando eles perguntam: o que é isso? O porquê daquilo?, perguntas muito abertas e você não consegue responder. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

P8: “A vantagem de você saber mais do que eles é começar pelo que ele conhece, é você jogar as questões. Em química orgânica eu trabalho com a bula de remédio que eles trazem da família deles ou deles mesmo, e aí em cima da bula eu vou jogando a química orgânica”.

CCA – exemplificação da própria prática.

P12: “Eu não preciso saber tudo, mas pelo menos dentro da minha área, eu tenho que saber. E é aí nesse momento que eu vejo que algumas dificuldades permeiam minha vida porque eu fico na minha zona de conforto. Tudo bem que ninguém me cobra, então eu não tenho que correr atrás. Mas quando alguém me pergunta, como agora, eu vejo que não sei e que isso influencia diretamente no conhecimento do meu aluno. **CON.**

Nesse episódio, P12 relata apresentar dificuldades conceituais, tanto para os conteúdos que não costuma tratar, quanto para aqueles que trata frequentemente com os alunos, mas de forma superficial. P6 amplia a ideia do colega, até que P12 faz um questionamento reflexivo que contrapõe sua ideia inicial e a de P6. Ele deixa de responsabilizar as dificuldades dos alunos pelo ensino superficial e reflete que a falta de conhecimento dos alunos pode ser decorrente do conhecimento do professor.

A postura de P12 foi fundamental porque possibilitou o aprofundamento da reflexão sobre a responsabilidade do professor nas dificuldades dos alunos. Pensando nas necessidades formativas apresentadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011), pode-se considerar que, nesse momento, os professores começaram a questionar as ideias docentes de senso comum sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências, principalmente no que se refere ao fracasso generalizado dos alunos nas disciplinas científicas como sendo natural.

Nesse episódio é possível identificar as fases descritas por Fisher et al. (2002), já que, em um primeiro momento P12 declara suas dificuldades, que são ampliadas por P6 (Fase da Externalização), em seguida, as ideias convergentes de P12 e P6 são refutadas pelo próprio P12 em um questionamento reflexivo (Fase da Elicitação). A partir disso, o grupo percebe que o ensino superficial de determinados conceitos não estava relacionado apenas às dificuldades dos

alunos, mas que eles também tinham uma parcela de responsabilidade, logo, o estágio da construção colaborativa do conhecimento foi alcançado pela convergência de ideias.

Cabe deixar claro que a fase da construção colaborativa do conhecimento não significa, efetivamente, que, a partir desse momento, os professores tiveram suas dificuldades sanadas, mas pode indicar um processo inicial de superação de dificuldades. Para a construção de um conhecimento bem fundamentado, vários encontros são necessários. O importante, aqui, é o momento de reflexão que pode levar a uma mudança de concepção.

Mas, embora os professores tenham concordado que suas dificuldades influenciavam no conhecimento de seus alunos, P8 e P12 não admitiam, a princípio, que as dificuldades conceituais era o problema que mais dificultava a preparação de suas aulas, como pode ser observado em suas próximas falas, no episódio 1.3.

Episódio 1.3

P12: “Eu tenho um pouco de dificuldade na questão prática porque os conceitos eu até sei dizer o que é e o que não é, agora vai montar uma coisa dessas. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

PQ1: “Então suas dificuldades são relacionadas às atividades experimentais?”

P12: “Não só de coisas de laboratório, mas uma parte prática em uma questão, interpretar uma questão, pensar em um experimento para ensinar algo...” **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P8: “Vê se é isso, na faculdade, quando eu ia pro laboratório, era tudo mastigado. Tinha uma apostila falando que você tinha que misturar isso com isso. Mas, agora, eu tenho que montar um roteiro e as vezes eu me perco no meu próprio roteiro. Por exemplo, eu preciso de uma reação exotérmica para levar de exemplo pra eles, aí com o que eu tenho no laboratório o que eu posso fazer? Essa é a minha dificuldade, com o que eu tenho, o que eu posso fazer”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P12: “Isso mesmo porque o que eu encontro nos livros ou na internet, eu não tenho o material”. **CCA – ampliação das ideias do colega.**

P8: “Eu também preciso de dicas porque nos conceitos vai, mas na parte experimental...” **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

Os professores relatam ter dificuldades em organizar atividades experimentais com o que têm no laboratório e atribuem isso a lacunas na sua formação. Porém, quando têm um

roteiro para seguir, os mesmos não apresentam dificuldades com os materiais de laboratório. Isso pode ser um indício de que possíveis dificuldades conceituais os mantem reféns do que está pronto, de modo que não se sentem seguros para serem autônomos no preparo de atividades experimentais. Nesse episódio, nota-se que P12 inicia a declaração de sua dificuldade, ao passo que P8 externaliza sua dificuldade, que é semelhante à do colega. Como não conseguem manifestar apoio um ao outro, solicitam apoio aos demais participantes do grupo. Mas, os demais participantes não se manifestam, talvez por não terem o costume de criar atividades experimentais com o que têm. Ficou decidido, então, que durante as discussões seriam feitas adaptações para os materiais que tinham na escola.

No episódio seguinte, durante a realização de atividades experimentais, é possível observar que os professores não tiveram grandes dificuldades em realizar os experimentos. Dificuldades emergiram ao explicar os fenômenos. Dois grupos de professores realizaram um experimento sobre pilhas e outros dois grupos realizaram uma eletrólise, posteriormente discutiram os fenômenos com os demais professores. Pelas interações presentes no episódio 1.4 percebe-se a externalização das dificuldades.

Episódio 1.4

P6: “Que bom porque na escola eu tenho o sulfato de cobre e o sulfato de zinco, mas não sei o que fazer”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P8: “Eu já fiz esse experimento na escola”. **CCA – exemplificação da própria prática.**

P6: “Por quanto tempo a reação permanece? Quanto tempo dura? Porque os alunos sempre perguntam isso e eu não sei responder”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P8: “Porque é assim, depende da concentração das soluções. A concentração vai me dizer quanto de íons tem ali”. **CCA – apoio ao colega em relação a dificuldade manifestada.**

P6: “Então eu posso me basear pela concentração. Porque eles sempre me perguntam como funciona a pilha e a bateria e eu não sei. Eu não sei explicar a diferença entre uma pilha e uma bateria. A diferença entre uma pilha comum e uma pilha recarregável. Os procedimentos eu até aprendo fácil olhando nos livros. Mas, essas perguntas eu não consigo responder”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P12: “É verdade, podemos sugerir discutir isso nos encontros”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

Durante a realização da atividade experimental sobre a pilha de Daniell, P6 explicitou muitas dificuldades relacionadas ao tema. Tais dificuldades não foram relacionadas à realização do experimento em si, mas aos conceitos químicos envolvidos. P8 manifestou seu apoio ao colega, porém sem uma explicação detalhada. P12 não conseguiu apoiar seus amigos apresentando uma explicação teórica, sugerindo discutir tais aspectos nos encontros. Nessas interações, é possível identificar dois momentos: o primeiro com o estágio de explicitação das dificuldades e a solicitação de apoio de P6 (Externalização), seguido pelo apoio dado por P8 (Elicitação) e o consenso, que sugere a construção colaborativa do conhecimento por convergência de ideias; o segundo momento, foi a declaração de outras dificuldades conceituais por P6, porém com ausência de apoio dos demais professores, talvez por não apresentarem subsídios teóricos, levando-os a solicitar ajuda.

Ao socializar as atividades experimentais realizadas, os professores indicaram mais dificuldades, como transcrito no Episódio 1.5.

Episódio 1.5

P12: “Fizemos o experimento da eletrólise, então aqui eu tenho o béquer com solução de sulfato de cobre penta hidratado e tenho um aparelho, um carregador de celular, onde na ponta, do lado vermelho, tem o cobre e do lado preto tem a moeda, que era prateada [...] a gente mergulhou os dois na solução, ligou e a reação foi acontecendo, a moeda foi sendo impregnada pelo cobre”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Agora eu tenho que aprender qual é o cátodo e qual é o ânodo”. **CON**

P6: “Isso tem diferença na pilha e na eletrólise porque na pilha é uma coisa e na eletrólise é outra, não é?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P5: “Na pilha tem geração de energia a partir de uma reação espontânea. Na eletrólise fornece energia porque a reação não é espontânea”. **CCA – apoio aos colegas de grupo em relação à dificuldade manifestada.**

P6: “Mas o cátodo e o ânodo são ao contrário, então? ”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P5: “Não, a diferença é que na eletrólise força uma reação não espontânea a acontecer com o fornecimento de energia elétrica. Ela forçou a doação de elétrons por um metal que não doaria sem a energia, então o que muda é o fluxo de elétrons. O que acontece no polo negativo e no polo positivo é o que vai ser diferente. Mas, o cátodo continua sofrendo redução e o

ânodo continua sofrendo oxidação”. **CCA – apoio aos colegas de grupo em relação à dificuldade manifestada.**

P6: “Cátodo e ânodo é só o nome dado ao metal que sofre redução e oxidação, então”. **CCA – explicitação de ideias.**

Nesse trecho, P12 descreve o experimento realizado por ele. Em seguida, P6 externaliza suas dificuldades conceituais, solicitando ajuda ao grupo. P5 atende ao pedindo e apoia seu colega explicando as semelhanças e diferenças entre uma pilha e um processo eletrolítico, caracterizando a fase da elicitación. Novamente, por meio desse movimento de externalização das dificuldades, seguido pela elicitación, com debate das ideias, é possível identificar a fase da construção colaborativa do conhecimento, segundo Fisher et al. (2002).

Os trechos que se seguem, referem-se aos segundo e terceiro encontros. O segundo encontro foi iniciado com um seminário sobre os conceitos químicos relacionados a eletroquímica e sugeridos pelos professores para serem discutidos com o grupo. Durante esse seminário, os professores foram questionando e manifestando suas opiniões e dúvidas acerca do tema. No episódio 2.1 manifestam sua dificuldade com relação aos conceitos de redução e oxidação e à aplicação do potencial de redução.

Episódio 2.1

P4: “É na hora de pensar em cátodo e ânodo de pilha e eletrólise que me dá a confusão. Tenho que pensar muito para lembrar”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P11: É comum a gente pensar que a eletrólise é o inverso da pilha em tudo, eu penso assim. Mas, então não, cátodo sempre vai ser o nome dado ao eletrodo que sofre redução e ânodo é o nome dado ao eletrodo que sofre oxidação, independentemente de ser em pilha ou na eletrólise. É só um nome”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Inverso é só no sentido de ser espontânea ou não”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Eu sempre penso vogal, vogal, consoante, consoante. Mas a minha dificuldade é pegar os potenciais e tentar montar uma pilha”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P6: “Eu praticamente decorei isso, mas se você fala pra mim montar uma pilha, nisso eu também tenho dificuldade. Montar uma pilha usando os valores, aí já não é mais uma coisa

de decorar, tem que pensar”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P5: “Se você pegar dois metais, você consegue prever o quanto de energia elétrica você vai obter com essa combinação de metais”. **CCA – apoio aos colegas de grupo em relação as dificuldades manifestadas.**

P6: “Vamos pensar em uma pilha, então? A partir da tabela de potencial? ” **CCA – explicitação de ideias.**

Neste trecho de interação, P4 declara sua dificuldade com a nomenclatura dada aos eletrodos nas pilhas e nos processos eletrolíticos. P11 acrescenta dizendo também confundir, costumeiramente, mas explicita a ideia recentemente apropriada por ele, em consequência das discussões. Já P12, faz uma explicitação evidenciando uma das diferenças entre uma pilha e uma eletrólise, porém sem se aprofundar nas explicações. P8 declara uma regra decorada para evitar a confusão, mas relata ter dificuldades em aplicar os conceitos, talvez por não os compreender. P5 manifesta apoio aos colegas e P6 sugere a realização de combinações de metais que resultem em geração de energia elétrica.

Embora tenha sido possível identificar momentos de externalização, quando P4, P11, P1, P8 e P6 explicitam suas ideias e dificuldades, e a fase da elicitación, quando P5 incorpora novas ideias, não foi possível considerar que a construção colaborativa do conhecimento tenha acontecido. Isso porque a dúvida declarada, primeiramente, por P4, passou a ser uma dúvida manifestada por grande parte dos professores, não havendo subsídios para uma discussão que levasse à superação dessa dificuldade. Por outro lado, P6 propôs a realização de uma atividade, demonstrando disposição para superar sua dificuldade e incentivo para que seus colegas também se superem. Carvalho e Gil-Pérez (2011), consideram essa disposição como sendo um preparo para adquirir novos conhecimentos, que pode levar a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina.

O episódio 2.2 aconteceu logo depois da realização da atividade sugerida por P6 e se refere ao ensino de potencial de redução.

Episódio 2.2

P12: “Eu nunca trabalhei isso com meus alunos do Estado, só do particular, mas os cálculos. Como vocês fazem para criar um contexto e não ficar só conta?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P8: “Eu trabalho a tabela de potencial dessa forma, dou em um exercício uma parte da tabela, com quatro ou cinco exemplos e peço pra comentar: se tivesse algum processo, qual seria o melhor?”. **CCA – apoio aos colegas de grupo em relação à dificuldade manifestada.**

P5: “Eu também peço para verificar os metais, mas em atividade experimental. Eles fazem vários testes para verificar qual seria a dupla ideal pra gerar maior quantidade de energia. Eles testam com várias coisas, vão me falando e fazemos anotações na lousa. Tinha uma faca comigo e testamos com o cobre, vimos que não acontece. Testamos com o zinco e vimos que a diferença é grande. Então, eu falei que não sabemos o metal da faca, que pode ser uma mistura, mas que poderia ser usada. Então tento fazer assim com eles”. **CLB – compartilhamento de materiais e soluções já utilizadas em sala de aula.**

P12: “Legal fazer os testes, dá a impressão de haver maior participação dos alunos. Eu nunca fiz, só os cálculos mesmo. Vou ver se faço assim”. **CCA – explicitação de ideias.**

Nesse trecho de interação também é possível observar as três fases propostas por Fisher et al. (2002). P12 externaliza um pedido de ajuda aos colegas, manifestando interesse em aprender uma nova abordagem para o uso da tabela de potencial, que não seja pautado, exclusivamente, em atividades quantitativas. Os professores 8 e 5 apoiam o colega exemplificando suas práticas e fornecendo alternativas. P12 se sente satisfeito com o compartilhamento feito por P5, pois considera que a estratégia do colega favorece a participação dos alunos e supre seu anseio por uma atividade que vá além dos cálculos, caracterizando a fase de construção colaborativa do conhecimento.

Esse episódio fornece indícios de superação da necessidade formativa de saber dirigir os trabalhos dos alunos, proposta por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Segundo os autores, preparar atividades de sínteses que contam com a participação dos alunos e criar um ambiente de bom relacionamento entre alunos e professor e com a participação de ambos durante as atividades é uma necessidade a ser superada pelo professor.

No terceiro encontro, o grupo continuou as discussões iniciadas no encontro anterior sobre as situações de aprendizagem dos cadernos de orientação. Os professores iniciaram um debate acerca da importância do levantamento das concepções prévias dos alunos, apresentado no episódio 3.1.

Episódio 3.1

P6: “O problema é que o aluno não sabe formar frase. Eles não conhecem a língua portuguesa, então uma atividade dessa leva o tempo que não temos”. **CCA – explicitação de ideias.**

P5: “Pede pra falar ao invés de escrever. Coloca as palavras na lousa e pede que falem o que sabem sobre elas”. **CCA – explicitação de ideias.**

P7: “Eu também não faço esse estudo das concepções prévias porque se eu tiver que fazer isso em toda aula, eu perco meia hora”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Vamos pensar na importância da concepção prévia. Se você pergunta: PQ1, onde você mora? Eu vou responder assim: É em uma casa verde, no Jardim Alvorada. Você vai saber onde é?” **CCA – questionamento reflexivo.**

P7: “Não faço ideia”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Aí eu pergunto se você sabe onde é a casa da Márcia. Você diz que não. Pergunto se você sabe onde fica o supermercado do bairro. Você ainda não sabe. Pergunto do cemitério. Aí você me diz que conhece. Então, eu sei que é a partir daquele ponto que eu vou te explicar onde é a minha casa. Com os alunos é semelhante”. **CCA – explicitação de ideias.**

P9: “É uma referência né”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

PQ1: “Sim, você sabe de onde partir”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

P5: “Pode acontecer de o aluno saber mais do que você imagina, pode ser que saiba menos. Mas ele não vai ficar perdido”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

Nesse episódio, o P6 relata não realizar a atividade de levantamento de concepção prévia proposta. Tal atividade sugere que os alunos construam frases com algumas palavras ou termos como pilha, bateria, corrente elétrica. O professor justifica a não realização da atividade em possíveis dificuldades dos alunos e essa sua revelação caracteriza a fase da externalização. A partir disso, dá-se início a fase da elicitação, pois a ideia de P6 é debatida por P5, que sugere uma alternativa para a realização da atividade, e por P7, que apoia P6 na inviabilidade desta atividade inicial. Em seguida, PQ1 proporciona um momento de reflexão sobre a importância do levantamento de concepções prévias, recebendo apoio de P9, P5 e P12. A construção colaborativa do conhecimento é alcançada pela integração das ideias e, além disso, P6 declara sua vontade de modificar sua prática.

Podemos pensar aqui como sendo um momento de reflexão da necessidade formativa de saber analisar criticamente o ensino tradicional, mais especificamente, conhecer as

limitações da forma habitual de introduzir conhecimentos, que não leva em consideração as concepções prévias dos alunos e que vê o aluno como ouvinte e receptor de informações (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Os episódios 3.2 e 3.3 se referem às interações que emergiram durante as discussões sobre as atividades experimentais de eletroquímica, propostas no caderno de orientação.

Episódio 3.2

P6: “Aí, antes dos experimentos, tem uma pergunta. Isso eu também não faço porque não tem como o aluno responder o que vai acontecer entre a palha de aço e a solução de sulfato de cobre, antes de ter feito”. **CCA – exemplificação da própria prática.**

P5: “Mas a ideia aqui é direcionar o aluno para o foco principal do experimento. Eles são muito dispersos, acho que começar com essa pergunta faz com que eles procurem a resposta certa durante o experimento”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Tem até uma observação no caderno que diz: não se espera, nesse momento, que os alunos associem a transformação ao processo de redução dos íons cobre e também não é necessário explicar o processo de oxidação do ferro metálico que ocorre em paralelo. Essas ideias serão retomadas mais adiante”. **CCA – ampliação da ideia dos colegas.**

P4: “A ideia aqui é que eles percebam a ocorrência de uma transformação química de maneira espontânea e que possam voltar na sua resposta depois do experimento, pra comparar”. **CCA – ampliação da ideia dos colegas.**

P6: “Não tinha pensado nisso” **CCA – explicitação de ideias.**

Antes da realização da atividade experimental, é sugerido aos alunos que façam uma previsão do que irá acontecer com o experimento. Essa atividade gerou um debate, pois P6 não concorda com sua realização, justificando que os alunos não apresentam subsídios teóricos para respondê-la. Tem-se aqui a fase da externalização.

A ideia de P6 é debatida, inicialmente por P5, que apresenta seu ponto de vista sobre a atividade. Sua ideia é ampliada por PQ1, que realiza a leitura de uma orientação descrita no caderno de orientação do professor sobre a atividade e, P4 complementa a ideia dos dois colegas. Percebe-se, então, a construção do conhecimento pela convergência de ideias, com o possível convencimento de P6.

No episódio que segue, é debatida a sequência experimental para o ensino de eletrólise.

Episódio 3.3

P4: “Começa por eletrólise”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Sim, nas situações de aprendizagem o ensino de eletrólise é antes de pilhas. O que vocês acham?”.

P6: “Eu não acho o melhor para começar a explicar a parte da eletrólise esse experimento porque se a gente for pensar, você não usa corrente elétrica aqui nesse primeiro”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Nessa situação de aprendizagem, são três experimentos: o primeiro é uma reação espontânea, o segundo é uma reação não espontânea...”.

P6: “Então deixa eu entender. Primeiro ele mostra uma reação espontânea, depois uma que não é espontânea, pra depois explicar a eletrólise? É confuso isso”. **CCA – declaração de dificuldades no exercício da atividade docente.**

P12: “Sim, porque aí vai forçar essa reação não espontânea a acontecer, fazendo uso da corrente elétrica. É pra ver a diferença, observando a evidência de transformação química”.

CCA – apoio ao colega de grupo em relação à dificuldade manifestada.

P6: “Não tinha interpretado bem essa sequência. Não tinha entendido dessa forma”. **CCA – declaração de dificuldades no exercício da atividade docente.**

P4 destaca o fato de o caderno de orientação iniciar pelo ensino de eletrólise e não por pilhas, como é costumeiramente encontrado nos materiais didáticos. A PQ1 faz um questionamento sobre essa sequência, mas os professores não se expressam, apenas P6, que discorda da sequência de experimentos.

Tais experimentos, presentes na Situação de Aprendizagem 6 do segundo volume dos cadernos de orientação para a segunda série (SÃO PAULO, 2014), baseiam-se na realização da interação entre:

- a) Palha de aço e a solução de sulfato de cobre, para a análise de um processo espontâneo.
- b) Placas de cobre e solução de sulfato de cobre, para perceber que não há transformação química sem o fornecimento de energia elétrica.
- c) Placas de cobre e solução de sulfato de cobre, para perceber que há transformação química com o fornecimento de energia elétrica.

P6 declara não compreender o objetivo da realização desses três experimentos – externalização. P12 oferece apoio ao colega, explicando o objetivo de se realizar os três

experimentos – elicitación – e, por fim, P6 declara ter uma nova interpretação da atividade, caracterizando a construção colaborativa do conhecimento. Essa nova interpretação da atividade favorece a superação da necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva.

Durante as discussões relacionadas ao conteúdo de eletroquímica, pôde-se notar momentos de explicitação de dificuldades conceituais e de ensino, de corroboração de ideias e explicações aceitas, que levaram ao alcance de alguns entendimentos e, conseqüentemente à superação de algumas necessidades formativas.

A primeira barreira foi vencida ao deixarem de considerar as dificuldades dos alunos como sendo natural das disciplinas específicas ou como sendo resultado da falta de recursos no ensino público. Começaram a refletir sobre seu papel frente a esse fracasso generalizado do aluno e de que maneira poderiam atuar na mudança dessa realidade. A partir disso, os professores passaram a refletir sobre sua prática e suas dificuldades, levando a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina.

Pareceu haver uma relação entre a superação dessa necessidade formativa com outras três: saber dirigir os trabalhos dos alunos, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa e saber analisar criticamente o ensino tradicional. Isso vai ao encontro do que apontam Carvalho e Gil-Pérez (2011), pois, segundo os autores, a falta de domínio dos conhecimentos científicos é o primeiro impedimento para a realização de uma atividade docente inovadora e criativa e que, atrelado a essa dificuldade, vem o pensamento docente de senso comum. Juntas, tais necessidades formativas bloqueiam a capacidade de renovação do ensino, por isso, quando superadas, têm-se como ganho a superação de outras necessidades.

7.4.2. Interações identificadas durante a discussões do conteúdo de equilíbrio químico.

Durante o quarto encontro o grupo discutiu algumas questões de equilíbrio químico, elaboradas por Özmen (2008) para a identificação de concepções alternativas em alunos da Turquia (Anexo C). Assim, os próximos oito episódios se referem a tal discussão.

O episódio 4.1 reporta-se a um momento inicial da discussão, em que os professores relataram que a atividade favoreceu o ganho de consciência acerca de suas dificuldades conceituais.

Episódio 4.1

P8: “Eu gostei, mas em algumas eu empaquei. Às vezes eu sabia a resposta, mas na hora de justificar eu fiquei meio assim, será que é esse? ” **CON**

P6: “É, foi difícil até ‘pra’ gente. Mas foi bom saber que precisamos estudar”. **CON**

P11: “Fez a gente refletir um pouco mais. Faz você revisar, ‘pra’ ver se realmente é aquilo porque não basta você dizer a resposta, faz você justificar sua resposta”. **CON**

Essa tomada de consciência pode ser um indício de disposição desse professor em aprofundar e adquirir novos conhecimentos, podendo levar à superação da necessidade formativa de conhecer a matéria a ser ensinada, segundo Carvalho e Gil-Pérez (2011).

Ao iniciar as discussões sobre os erros e os acertos que tiveram nas questões, é evidente a dificuldade conceitual desses professores. Nos comentários do episódio 4.2, sobre a mudança de concentração em um sistema em equilíbrio à temperatura constante, muitos deles acreditam que haverá influência no valor numérico da constante de equilíbrio.

Episódio 4.2

P6: “Eu erro a resposta e acerto a opção. A primeira eu errei”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

P12: “A primeira eu não vi que a temperatura permanecia constante”. **CCA – explicitação das ideias.**

P6: “Mas a temperatura não é questão de endotérmica e exotérmica? ” **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P12: “Sim, mas ele fala que mantém a temperatura constante...” **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Mas mudou a quantidade do produto aí. Ela fica o que? ” **CCA – solicitação de ajuda para o grupo**

P8: “Eu sei que ela fica inalterada, mas não sei explicar o porquê”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência (conhecimento em Química)**

P6: “Porque as coisas que influenciam são pressão, temperatura, então pra mim, mesmo se não tivesse a questão da temperatura, teria mudado”. **CCA – explicitação das ideias.**

P12: “Então, mas como ele fala que a temperatura permaneceu constante...” **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Eu penso nas quantidades porque você está colocando mais ‘C’. Eu tenho que ter ‘D’ suficiente para mudar os números”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Sim”.

P8: “Se na primeira parte eu já consumi todo o ‘D’ e não dá pra voltar pra cá, então eu posso colocar o ‘C’ que não vai alterar”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “O ‘D’ seria na verdade o reagente limitante. Ele limita o retorno porque não tem mais para reagir. E também, eu acho que o fato de permanecer constante a temperatura...” **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P8: “É, a temperatura não muda, então, teria apenas o choque das colisões entre as moléculas, mas como você não tem moléculas para colidir...” **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P12: “Para alterar talvez tivesse que colocar ‘C’ e ‘D’ juntos”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P8: “Ou teria que ter ‘D’ sem reagir”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P6: “Eu não acho isso, estou muito confusa. Qual a sua opinião sobre a primeira?” **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

PQ: “Me fala o que você pensa”.

P6: “Não, ela falou, eu não penso. Eu penso que não era só a temperatura que iria influenciar, se ela adota constante. Creio que, se você aumenta ou diminui a temperatura, vai. Mas aí eu levei em consideração só a mudança aqui no produto. Eu pensei que ia deslocar para algum lado”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “[...] modificando a concentração haverá uma perturbação no sistema, mas o equilíbrio será reestabelecido e quando isso acontecer a razão entre a multiplicação das concentrações dos produtos e a multiplicação das concentrações dos reagentes será a mesma porque é uma constante [...] o valor numérico da constante de equilíbrio será igual quando o equilíbrio for reestabelecido [...]” **CCA – apoio aos colegas.**

As falas iniciais dos professores já indicam que a dificuldade com o conceito não é exclusiva de um único professor. P12 procura justificar seu erro relatando não ter prestado atenção em uma informação presente na questão. P6, então, solicita apoio ao grupo por não compreender a relação dessa informação com a questão e, em seguida, por não conseguir entender a não influência da mudança de concentração no valor numérico da constante de equilíbrio.

O grupo não consegue dar apoio à P6 e cada um passa a explicitar sua ideia. P8 e P12, procurando chegar a um consenso, iniciam explicações em que um procura ampliar a ideia do outro. Nesse momento, é possível notar, nas falas sublinhadas, a linguagem inapropriada expressa pelos professores, proveniente de ideias equivocadas sobre o conteúdo. P6, por sua vez, não concorda com as explicações dos colegas e sem apresentar subsídios teóricos para confrontá-los, pede apoio à pesquisadora.

Nesse trecho é possível identificar as fases descritas por Fischer et al. (2002), já que, em primeiro momento, as ideias dos professores são explicitadas (Fase da Externalização), em seguida, as ideias convergentes de P8 e P12 são refutadas por P6 (Fase da Elicitação) que, embora apresente divergência de pensamento, não apresenta argumentos que fundamente sua oposição e solicita o apoio da pesquisadora. Com a explicação, o consenso é alcançado pela convergência de ideias, talvez devido à falta de conhecimento dos demais sobre o assunto, sendo essa Fase a de Construção do Conhecimento.

O trecho 4.3 se refere à mesma questão, porém discutida por outros professores do grupo colaborativo. Nesse caso dois professores apresentaram dificuldades ao justificar a resposta escolhida, sendo apoiados por um colega.

Episódio 4.3

P1: “O raciocínio que eu tive aqui na primeira foi que, se eu não mexer na temperatura, eu só aumentar aqui na quantidade de produto, não ia alterar. Foi assim que eu imaginei”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “Eu nem pensei na temperatura. Eu já considerei que a temperatura era constante, então não ia ter variação. Então, se eu aumento em 100 eu vou deslocar o equilíbrio e, conseqüentemente, vou aumentar a concentração, por isso eu respondi que a concentração dos produtos aumenta”. **CCA – explicitação de ideias.**

P3: “Eu pensei nisso também porque se eu estou colocando mais produto, eu desloco”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

P1: “Então, mas eu olhei aqui porque ele perguntou a respeito da constante de equilíbrio, se o valor numérico mudaria”. **CCA – apoio aos colegas.**

P4: “É então, eu nem...”

P1: “Se eu tenho mais produto eu tenho mais reagente, então seria equivalente, então imaginei que esse valor não mudaria”. **CCA – apoio aos colegas.**

P4: “Verdade, mas eu já fui direto”. (Se referindo a escolha da justificativa) **CCA – explicitação de ideias.**

P3: “É verdade”. **CCA – explicitação de ideias.**

Na Fase de Externalização P1 e P4 explicitaram suas ideias a respeito da questão, dando indícios sobre o raciocínio que tiveram para responde-la. P3 ampliou a ideia relatada por P4, concordando com seu raciocínio, embora com consciência de que era equivocado.

Vários estudos apontam concepções alternativas que alunos apresentam com relação ao conteúdo de equilíbrio químico e que podem ser observadas também em professores. Uma concepção trivial e que pôde ser identificada em ambos os debates é a interpretação equivocada da constante de equilíbrio, em que se assume que o valor de K muda de acordo com a quantidade de produtos e reagentes presentes (VAN DRIEL; GRÄBER, 2002). Além disso, pôde-se observar que os professores fazem uso, logo de imediato, de regras que ajustam o sistema para que se mantenha o equilíbrio, sem refletir sobre o fenômeno em questão, ou como no caso, sem pensar no que se estava perguntando na questão.

Nesse debate os professores não solicitaram apoio da pesquisadora. P1, embora com explicações pouco elaboradas, colaborou para a reflexão dos colegas, que chegaram a um consenso.

No trecho 4.4, os professores P6, P7, P8 e P12 discutem uma questão sobre o equilíbrio envolvendo o tetracloreto de cobalto (II), manifestando confusões provenientes do uso indevido de generalizações.

Episódio 4.4

P12: “Considere a reação reversível a seguir que, em estado de equilíbrio, apresenta a solução de coloração azul. O que iremos observar se adicionarmos água ao sistema? Nada, água é líquida e líquido não participa”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Desloca, princípio de Le Chatelier”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Desloca mesmo”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Lembra, você está aumentando a quantidade”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Sólidos e líquidos não devem ser considerados, mas aqui ela entra como produto. Se eu adiciono mais produto, de alguma forma ela vai interferir porque ela vai se deslocar pro sentido contrário, de formação do rosa”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Acho que a gente tem que pensar o seguinte: se a gente não tivesse a água, a gente não ia conseguir formar o complexo porque é um complexo hidratado”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Aham, o rosa é o hidratado. Se não tiver água, não vai formar”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

P6: “Eu errei isso por causa da regra”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “A gente fica naquilo de que líquido e sólido não entram ou o Princípio de Le Chatelier e não pensa. Só fazendo para perceber”. **CON.**

Nesse episódio os professores procuram uma explicação para a influência da adição de água em um sistema em equilíbrio químico. P12 acredita não haver influência e justifica que sólidos e líquidos puros não afetam o estado de equilíbrio químico. Já, P8 e P6 fazem uso do Princípio de Le Chatelier para justificar a perturbação no sistema. Caracteriza-se, aqui, a fase da externalização.

Mas, P12 mantém sua ideia de que líquidos puros não afetam o equilíbrio, então P8 propõe uma explicação que vai além de generalizações. Sua ideia é aceita pelos demais professores, sem que haja conflito, caracterizando a construção colaborativa de conhecimento.

No episódio 4.5, os professores P6 e P7 manifestam dificuldades com os processos endotérmicos e exotérmicos e solicitam ajuda de seus colegas.

Episódio 4.5

P7: “Pensando aqui pelo ΔH , se ele está falando que é menor que zero [...] me ajuda?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P6: “É, também quero perguntar uma coisa. Qual é o lado endo e exo aqui?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P12: “Pensando no sentido da reação, se a gente pensar na reação direta, é exotérmica né, de formação de produto. Aí P7, o ΔH é negativo. **CCA – apoio aos colegas.**

P8: “Se a gente pensar em exo e endo, em exo a gente trabalha em baixas temperaturas porque está liberando calor”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

P12: “Nossa, não penso assim, pode estar acontecendo em alta temperatura também. É só pensar no que irá favorecer. O aumento da temperatura, favorece a reação endotérmica, que absorve calor. Não teria porque favorecer o sentido que libera”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Por isso que eu estou falando, tenho que compreender o que é endotérmico e exotérmico pra saber fazer. Então endotérmico é uma reação química que absorve calor e exotérmica libera, aí tem o valor do ΔH pra gente saber”. **CCA – explicitação de ideias.**

Em uma questão que aborda a influência da temperatura no valor numérico da constante de equilíbrio, P7 e P6 solicitam apoio aos colegas para o esclarecimento de uma dificuldade conceitual. Ambos professores não compreendem os processos endotérmico e exotérmico e a influência da temperatura nestes. Após a externalização dos professores, P12 e P8 debatem ideias a respeito do conteúdo e P6 explicita uma conclusão sobre o que antes tinha dificuldade, caracterizando a construção colaborativa do conhecimento.

Os episódios 4.6, 4.7 e 4.8 são trechos em que os professores discutiram a questão número 12 do Anexo C. Tal questão se refere a adição de 10 mL de uma solução 0,5 M de dicromato de potássio em uma solução inicial de mesma composição e concentração molar, com o questionamento do que iriam observar.

Os professores pensaram haver perturbação do equilíbrio, de modo a favorecer a formação de cromato de potássio, mudando a cor da solução de laranja para amarelo. Conhecendo a alternativa correta, os professores iniciaram uma discussão para tentar compreender o que estava ocorrendo no sistema. Nas discussões dos dois primeiros grupos, é possível notar que os professores chegaram em conclusões próximas ao cientificamente correto, enquanto o último grupo precisou da ajuda de uma das pesquisadoras.

Episódio 4.6

P12: “Se colocar mais dicromato, que é laranja, vai ficar mais amarelo”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Mas aqui diz que não vai acontecer nada”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Será que ia voltar pro amarelo só se aumentasse a água?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P8: “Seria o mesmo caso do outro, do rosa para o azul?”. **CCA – solicitação de ajuda para o grupo.**

P7: “Eu não entendi nada”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P6: “É a mesma solução, gente”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Se eu aumento aqui, não perturba porque não tem água suficiente. Será isso?”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Gente, é a mesma concentração”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Porque depende da água também”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Gente, me escuta! É a mesma solução. Eu vou ter um copo aqui, com o negócio, eu vou colocar mais. Só que é igual, não vai mudar a concentração, não vai mudar nada. É o que ele fez, só pegou outra quantidade, mais 10 mL e colocou lá, mas é a mesma coisa que já tinha, então é o mesmo equilíbrio”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Só mudou o volume”. **CCA – ampliação da ideia do colega.**

P7: “Ainda não entendi”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da atividade docente.**

P12: “É como se eu fizesse arroz e colocasse mais arroz. Meio doido o exemplo, mas só colocou mais da mesma solução. Aí não mexe no equilíbrio”. **CCA – apoio ao colega.**

P8: “Temos que aprender a prestar atenção no exercício ao invés de usar regra”. **CCA – explicitação de ideias.**

Com grupo composto pelos professores 1, 6, 7, 8 e 12, foi possível notar a construção colaborativa do conhecimento através das reflexões dos professores. O P12 inicia a fase da externalização manifestando sua concepção errônea de perturbação do equilíbrio após a adição do dicromato de potássio na solução inicial. O P8 lembra o colega que não haverá mudança no sistema e ambos discutem a possibilidade de não haver água suficiente para que haja a formação de cromato de potássio. Em seguida, P7 se manifesta, dizendo não estar entendendo os argumentos. O P6 inicia o alerta aos colegas de que a solução adicionada se trata de uma solução idêntica a inicial, logo não haveria motivo para a perturbação do sistema. Após uma sequência de argumentos infundados e refutados por P6, o grupo se atenta para o alerta do colega e percebe a falta de atenção. A fase da construção colaborativa do conhecimento é alcançada e P8 ainda atenta seus colegas para o uso regras gerais sem que se atente para a peculiaridade do sistema.

Algo semelhante acontece no episódio 4.7, protagonizado por P1, P3 e P4, porém com menor resistência para a compreensão.

Episódio 4.7

P1: “Eu respondi errado, mas agora pensando, eu só estou adicionando um volume maior na mesma concentração”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “Então, é uma solução de mesma concentração. Não tinha percebido”. **CCA – explicitação de ideias.**

P1: “Eu respondi que, pelo aumento da quantidade de um, o sistema vai formar mais o outro”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “Eu pensei a mesma coisa na hora de responder. Só que é a solução que a gente já tinha no equilíbrio. A gente só aumentou o volume”. **CCA – ampliação das ideias do colega.**

P3: “Isso tá sendo muito bom pra gente parar pra pensar. Estamos generalizando sem pensar”. **CON.**

A construção colaborativa do conhecimento pode ser considerada. Mas, o destaque desse episódio é a conscientização de P3 sobre sua dificuldade e isso significa que o grupo favoreceu o ganho de consciência de que existe uma necessidade formativa a ser superada.

Já os professores 2, 10 e 11 não conseguiram perceber o motivo pelo qual o sistema não foi modificado e solicitou ajuda à pesquisadora, conforme transcrito no episódio 4.8.

Episódio 4.8

P11: “PQ1, você poderia nos ajudar? Estamos em dúvida nessa questão porque estaremos adicionando uma maior quantidade de dicromato, mas não haverá mudança de cor”. **CCA – solicitação de apoio aos colegas.**

PQ1: “Nesse exercício pede pra supor uma solução de dicromato de sódio...” **CCA – apoio aos colegas.**

P2: “0,5 molar”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas**

PQ1: “Depois houve a adição de 10mL de qual solução?” **CCA – apoio aos colegas.**

P10: “Uma solução igual”. **CCA – ampliação das ideias dos colegas.**

PQ1: “Se a solução é igual, só aumentou o volume, não modificou a concentração, então não houve perturbação do sistema”. **CCA – apoio aos colegas.**

P11: Nossa, eu errei essa porque pensei no deslocamento. Pensei só no deslocamento do equilíbrio. O Princípio de Le Chatelier não sai da cabeça.” **CCA – explicitação de ideias.**

P10: “Então só aumenta o volume. Mas, e se a solução fosse 1M?”. **CCA – solicitação de apoio aos colegas.**

P11: “Aí você aumentou a concentração e, conseqüentemente, vai deslocar o equilíbrio”. **CCA – apoio aos colegas.**

P10: “E a cor vai mudar também”. **CCA – ampliação das ideias do colega.**

Nesse episódio, a fase da externalização é caracterizada pelo pedido de ajuda à pesquisadora. As ideias são debatidas e por convergência de ideias a construção de conhecimento é alcançada.

Cabe destacar que, embora a fase de construção colaborativa de conhecimento tenha sido identificada nos episódios até aqui discutidos, não significa que os professores tenham superado as dificuldades conceituais manifestadas. Consoante ao que se identificou durante a análise dos níveis de compreensão conceitual, nas seções anteriores, os professores manifestaram muitos equívocos conceituais com relação ao conteúdo de equilíbrio químico. E, mesmo que as discussões levassem a uma certa aproximação aos conceitos químicos que se esperavam para responder as questões, os professores, muitas vezes, manifestavam ideias equivocadas, como a ideia de deslocamento e compartimentalização do sistema.

Pensando em colaborar com o desenvolvimento dos professores, foram sugeridas atividades experimentais e discussões que ajudassem na superação da dificuldade de conhecer o conteúdo da matéria (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011), muito evidenciada nesse encontro. Assim, os próximos episódios se referem às interações manifestadas durante a realização de atividades experimentais, discussão de conceitos químicos, discussão sobre as concepções alternativas apontadas na literatura e sobre as situações de aprendizagem que tratam do conteúdo de equilíbrio químico.

O episódio 4.9 se refere às interações durante a realização do experimento sobre o equilíbrio químico entre os gases NO_2 e N_2O_4 . O objetivo desse experimento era discutir a coexistência das espécies em equilíbrio químico.

Episódio 4.9

P4: “Quando colocamos o tubo de ensaio na água fria, favorece o processo exotérmico”.

CCA – explicitação de ideias.

P12: “No gelo favorece o sentido exotérmico, aumenta a concentração do N_2O_4 . Na água quente favorece o sentido endotérmico, com formação do NO_2 ”. **CCA – ampliação das ideias do colega.**

P9: “Quando passa rapidamente de um lado para o outro, por um tempo, ficam as duas substâncias”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Sempre ficam as duas. Mas, em menor ou maior concentração. Por isso equilíbrio químico”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Por isso temos que nos atentar durante o ensino. As vezes explicamos aos alunos nos referindo a deslocamento: desloco para aquele lado, desloco para esse lado e passamos a ideia de que vai ter só um, enquanto na verdade as espécies coexistem [...]”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “Experimento simples e rico em conceitos”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Embora, na minha mente, eu saiba que coexiste, quando explico para os alunos devo passar que desloca pra não existência de um e existência do outro, pois tenho dificuldade em pensar em uma maneira de explicar”. **CCA – declaração das dificuldades no exercício da docência.**

P9: “É porque, didaticamente, você tem que explicar assim para a pessoa entender a teoria”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Não. Explicar errado para entender? Isso não pode. **CCA – questionamento reflexivo.**

P12: “É só explicar como PQ1 explicou. E eu penso que se deixa de ter um para ter outro não é equilíbrio, é uma reação que se completa”. **CCA – explicitação de ideias.**

O trecho é iniciado com os professores 4 e 12 externalizando suas ideias sobre o experimento realizado, até que P9 explicita uma ideia que gera um debate. Tal professor manifesta um equívoco conceitual ao considerar que apenas em determinado momento ocorre a coexistência entre as espécies, mas sua ideia é refutada por P12. P9 tenta justificar ser uma maneira didática de ensinar e o debate continua com P12 discordando. A fase da construção colaborativa do conhecimento pode ser considerada, pois P12 sugere uma alternativa para o ensino, que não com equívocos conceituais. A busca pelo consenso ocorreu com conflito das divergências, porém P12 apresentou argumentos que pode ter levado a uma reflexão da ideia equivocada de P9.

Cabe um comentário aqui, sobre como a falta de conhecimento pode implicar em uma ação pedagógica insatisfatória, pois nas interações sublinhadas, do episódio 4.9, é possível notar que a dificuldade conceitual de P9 o impede de planejar atividades que leve a construção do conhecimento e mais, tais equívocos fazem parte de suas explicações.

No encontro seguinte, as discussões sobre os conceitos, situações de aprendizagem e concepções alternativas foram retomadas. No episódio 5.1, PQ1 questiona os professores sobre o conceito de equilíbrio químico.

Episódio 5.1

P8: “Equilíbrio me lembra um pouco de igualdade, na igualdade de quantidades”. **CCA – explicitação de ideias.**

P3: “Eu penso no equilibrista¹⁴ do P4”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “É, eu explico com o equilibrista, que a reação acontece até um certo ponto e que vai chegar um certo ponto de equilíbrio entre todas as espécies presentes [...] chegando a um ponto onde aquilo vai se manter, com formação e decomposição”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: Vamos pensar em duas coisas: no uso da analogia do equilibrista para explicar equilíbrio químico e na ideia de igualdade de quantidades no equilíbrio químico. Quando vocês fazem o uso de analogias, vocês destacam as limitações? **CCA – questionamento reflexivo.**

P4: “Quando uso a analogia do equilibrista é pra poder entender que ele é dinâmico, mas não dá pra eu me prender ao equilibrista para fazer. Quando você fala em equilíbrio você pensa em algo estático, então a ideia do equilibrista é pra mostrar que ele não parou, que a reação não parou”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Mas você não acha que a analogia ao equilibrista pode fazer o aluno pensar que as espécies estão compartimentalizadas em lados diferentes e que vai tendo deslocamento para compensar a perturbação?”. **CCA – questionamento reflexivo.**

P3: “Pode”. **CCA – explicitação de ideias.**

P4: “Mas como eu explico isso? **CCA – solicitação de ajuda aos colegas.**

No episódio 5.1, concepções alternativas e uso indevido de analogias são manifestadas pelos professores. P8 manifesta a ideia de que concentrações iguais caracterizam o estado de equilíbrio químico, enquanto P3 e P4 dizem usar a analogia do equilibrista para ensinar o conceito de equilíbrio. PQ1 faz um questionamento reflexivo sobre as ideias equivocadas que o uso indevido da analogia pode construir. Os professores 3 e 4 se conscientizam disso, porém P4 relata não saber explicar de outra maneira e solicita ajuda. P5, apoia o colega, lembrando do experimento realizado no encontro anterior e apontando os conceitos que podem ser tratados com ele, caracterizando a construção do conhecimento.

¹⁴O equilibrista, quando tem seu corpo tendendo para um dos lados, se esforça, deslocando o seu peso para o lado oposto, até reestabelecer o equilíbrio. Os professores usam essa analogia explicando que, no caso de sistemas em equilíbrio químico, quando estes sofrem alguma “perturbação”, tendem a se “deslocar” no sentido oposto para reestabelecer o equilíbrio.

Cabe aqui um comentário sobre P3. Esse professor manifestou a ideia de comportamento pendular do equilíbrio químico, considerando que o reagente se transforma totalmente em produto, para depois todo produto se transformar em reagente, e assim sucessivamente. Além disso, relata que a concentração influencia no valor numérico da constante de equilíbrio, aplicando equivocadamente o princípio de Le Chatelier para explicar a ‘compensação’ da perturbação (vide Quadro 12). Tais concepções manifestadas vão ao encontro das limitações do uso da analogia do equilibrista, uma vez que a mesma tem como limitação a ideia de deslocamento para um dos lados com o intuito de compensar a perturbação. Talvez, devido as suas dificuldades, o professor não seja crítico com relação ao uso.

Para refletir sobre a concepção alternativa manifestada por P8 no episódio anterior, a respeito das concentrações iguais no equilíbrio químico, PQ1 apresenta uma atividade que compõe o caderno de orientação ao professor, durante o episódio 5.2.

Episódio 5.2

PQ1: Agora, para refletirmos sobre a ideia de que no equilíbrio químico as quantidades das espécies são iguais, eu trouxe uma tabela, que tem no caderno de orientação, bem no início, como sugestão de introdução ao equilíbrio químico. Nela tem dois exemplos de transformações químicas: a combustão completa do carvão e a formação do N_2O_4 , que foi o experimento que fizemos na semana passada. Na primeira coluna tem a previsão teórica, quando de produto deveria ser formado e, na segunda parte o que aconteceu na realidade. Qual a diferença entre elas?”. **CCA – questionamento reflexivo.**

P5: “A primeira reação é completa, não coexiste o reagente, ele foi totalmente transformado”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “A outra entrou em equilíbrio, nem todo reagente se transforma em produto porque também está sendo formado”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “E quando entram em equilíbrio as concentrações são todas iguais?”. **CCA – questionamento reflexivo.**

P12: “Não são iguais, só não variam, ficam constantes”. **CCA – explicitação de ideias.**

P8: “Verdade...”

PQ1: “Vocês introduzem a ideia de equilíbrio químico dessa maneira para seus alunos? Como fazem?”. **CCA – questionamento reflexivo.**

P3: “Não”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Não, mas estou repensando”. **CCA – explicitação de ideias.**

Neste momento, é apresentada uma atividade que compara uma reação que se completa e uma reação que entra em equilíbrio químico. Os professores explicitam suas ideias sobre as transformações químicas e são questionados a respeito das concentrações no equilíbrio. Percebem-se as fases da construção colaborativa do conhecimento quando P8 manifesta sua ideia equivocada (fase da externalização), quando PQ1 faz um questionamento reflexivo e os professores revelam suas ideias (fase da elicitação) e quando os professores, principalmente P8, percebem que as concentrações são constantes e não iguais, caracterizando a construção do conhecimento. Trata-se, então, de um momento de reflexão da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Já, o episódio 5.3 trata de momentos em que os docentes refletiram sobre a contribuição do grupo para a superação de suas dificuldades relacionadas a equilíbrio químico.

Episódio 5.3

P12: “Equilíbrio Químico é um assunto trabalhoso, o qual sinto que preciso estudar mais e me aprofundar. Claro que as discussões me deram direções e orientações para que eu possa melhorar”. **CON**

P1: “A linguagem apropriada para tratar deste tema, na minha opinião, foi um grande ganho. Também retomei alguns conceitos básicos e essenciais para melhor compreensão do assunto”. **RCT**

P3: “Percebi, com as discussões em grupo, que abrangia muito mais superficialmente do que de fato pretendia. Refleti muito sobre o que é mais importante ser trabalhado e acredito que estou muito mais preparado para abordar o assunto menos superficialmente... percebi que preciso me preparar melhor, ‘atualizar minha memória’ porque acabo não tentando aprofundar e acabo esquecendo alguns conceitos e deixando de aproveitar a oportunidade de discuti-los com os alunos”. **SUP**

P12: “As discussões no grupo, ouvindo outras experiências, também possibilitaram melhorar as minhas práticas em sala de aula. Adaptando novas metodologias”. **SUP**

P5: “Eu tinha dificuldades relacionadas ao conceito, propriamente dito, como as aplicações do Princípio de Le Chatelier. Também tinha dificuldade de trabalhar de forma contextualizada, então as contribuições dos colegas foram muito úteis e interessantes para relembrar alguns conteúdos que eu só tinha visto durante a graduação e que não tinha trabalhado em sala de aula ainda”. **RCT**

P6: “Eu também tinha dificuldade conceitual. Estava com dificuldade para entender a influência da temperatura nas reações endotérmicas e exotérmicas. Mas, gostaria de rever alguns conceitos futuramente”. **RCT**

P11: “O grupo de um modo geral contribuiu para as reflexões sobre a minha prática em sala de aula e, por ser um grupo muito participativo, permitiu a elucidação de minhas dificuldades”. **CON**

Aqui podem ser observadas interações que indicam que o grupo colaborativo favoreceu o ganho de consciência acerca de alguma necessidade formativa e despertou nos professores o desejo de superá-la. Além disso, alguns professores declararam ter conseguido superar algumas dessas dificuldades com a contribuição do grupo.

Diferentemente do que ocorreu durante as discussões sobre o conteúdo de eletroquímica, em equilíbrio químico os episódios se referem, em sua maioria, às discussões conceituais. Os professores pouco se reportaram às suas práticas de ensino e isso pode estar relacionado ao fato de que a grande maioria dos professores não trata tal conteúdo em suas aulas. Essa opção de não tratar o conteúdo, como já discutido aqui, pode estar relacionada às suas dificuldades conceituais e, talvez, pela necessidade de enfrentar tais dificuldades é que os episódios de interação estavam relacionados à momentos de busca de aprendizagem conceitual.

7.4.3. Interação identificada durante a discussões do conteúdo de cinética química.

Durante o sexto encontro, os professores manifestaram dificuldades conceituais e didáticas relacionadas aos modelos microscópicos que explicam a influência das variáveis na rapidez de uma transformação química, como pode ser observado no episódio 6.1.

Episódio 6.1

P1: “Tenho um pouco de dificuldade em ensinar cinética química. A parte dos modelos. Não sei como explicar e ficar fácil entender”. **CCA – declaração de dificuldades no exercício da docência.**

P8: “Eu também não me aprofundo não. Acho os textos um pouco complicados para usar”. **CCA – explicitação de ideias.**

P12: “Eu já ouvi falar de simulações para desenvolver os modelos microscópicos. Mas nunca procurei”. **CCA – explicitação de ideias.**

P6: “Podíamos pesquisar né, seria um bom recurso”. **CCA – explicitação de ideias.**

PQ1: “Eu conheço algumas simulações, vou mostrar a vocês e vamos discutindo”. **CCA – compartilhamento de materiais.**

Os professores 1 e 8 explicitam suas dificuldades em tratar o conteúdo com seus alunos. O P12 continua o assunto dando um exemplo de recurso que poderia ajudar no ensino dos modelos microscópicos. O P6 amplia o diálogo sugerindo um estudo sobre o uso de simulações. Nesse trecho não foram observados indícios do estágio de construção colaborativa do conhecimento, contudo, as sugestões de P12 e P6 sugerem que a interação tenha estimulado a busca por novos conhecimentos.

Ao contrário do que aconteceu durante as discussões sobre eletroquímica e equilíbrio químico, em cinética química foram poucos os momentos de interação. Durante a realização das atividades experimentais os professores pouco se manifestaram, talvez por serem experimentos comumente realizados por eles. Já ao tratar dos modelos microscópicos, pouco tinham a contribuir, devido às dificuldades.

Mas, pode-se conjecturar que, durante os encontros do grupo colaborativo, a cultura individualista foi minimizada, os professores interagiram explicitando suas ideias, declarando suas dúvidas, manifestando apoio aos colegas e, ainda, reconhecendo a importância do grupo para a superação de suas dificuldades. Superação esta que pôde ser evidenciada nos momentos de construção colaborativa do conhecimento. Isso vai ao encontro dos apontamentos de Boavida e Ponte (2002), que consideram a interação entre professores importante para o favorecimento de momentos de reflexão e de aprendizagem mútua.

7.5 Percepções dos professores sobre a superação de suas necessidades formativas.

Ao final dos encontros, os professores responderam a um questionário (Apêndice I) no qual deveriam discorrer sobre as dificuldades superadas com as discussões do grupo, as dificuldades não superadas ou que gostariam de retomar e a contribuição das discussões para a sua prática em sala de aula. As respostas foram relacionadas às necessidades formativas apontadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011), de maneira a perceber quais necessidades formativas foram superadas, quais requerem aprofundamento e quais estão auxiliando na prática em sala de aula. As informações estão ilustradas na Figura 22.

A necessidade formativa que mais se destacou nos apontamentos realizados pelos professores foi a que se refere ao conhecimento do conteúdo da disciplina (NF5). Isso já era esperado, visto que o foco principal dos encontros foi a discussão de conceitos químicos. Com exceção do P9, que não estava presente no momento da atividade, todos os professores relataram ter superado tal necessidade ao apontar a superação de dificuldades conceituais, alguns especificando, inclusive, que se tornaram capazes de integrar aspectos macroscópicos e microscópicos de um conteúdo.

Figura 22. Percepção dos professores sobre a superação de necessidades formativas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Três professores manifestaram a necessidade de retomar as discussões sobre modelos microscópicos que explicam a rapidez de uma transformação química e sobre a constante de equilíbrio. Tais áreas, embora muito discutidas nos encontros, são as que os professores mais apresentaram dificuldades: os três revelaram níveis de compreensão conceitual inadequados ou insuficientes para estas áreas.

A maioria dos professores considerou que a superação desta necessidade formativa contribuiu para a sua prática em sala de aula, aumentando a segurança em tratar conteúdos antes não tratados, considerando os aspectos microscópicos durante o ensino e aumentando a confiança e motivação em buscar e usar novas metodologias, ou seja, despertando a consciência de que é necessário estudar constantemente e estar apto a adquirir novos conhecimentos.

Cabe deixar claro que conhecer o conteúdo da disciplina, segundo Carvalho e Gil-Pérez (2011), vai além do conhecimento conceitual. Envolve, também, conhecer a história das ciências, os desenvolvimentos científicos recentes, as interações CTSA, dentre outros conhecimentos. Mas, considerando as inúmeras dificuldades manifestadas pelos professores e o pequeno número de encontros analisados, aqui, a superação de dificuldades conceituais é considerada como o início da superação dessa necessidade formativa.

Quatro professores relataram que o grupo contribuiu para uma maior compreensão do currículo e dos cadernos de orientação, o que está relacionado a saber analisar criticamente o ensino tradicional (NF5). Mas, embora tenha sido apontada como influenciadora da prática em sala de aula, esta não foi apontada como sendo uma necessidade formativa superada, talvez porque sua superação seja um reflexo da superação de outras necessidades formativas. Para que se compreenda o currículo e os materiais didáticos, conhecendo suas limitações, para que se pense em maneiras de introduzir o conhecimento e que reflita sobre os trabalhos práticos, exercícios, avaliações e formas de organização escolar, é necessário que o professor tenha uma boa compreensão do conteúdo, saiba selecionar os conteúdos e as sequências didáticas e tenha conhecimento sobre atividades baseadas em situações problemáticas.

Esse último conhecimento citado, por sua vez, está relacionado à necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva (NF6). Tal necessidade foi indicada como superada por apenas um professor, que relatou ter vencido dificuldades em: elaborar sequências didáticas, adaptar atividades para a realidade de cada escola, realizar atividades experimentais e simulações. Dois professores relataram sentir necessidade de pensar em atividades experimentais para tratar o conteúdo de equilíbrio químico e em planejar aulas contextualizadas. Sobre a contribuição desta necessidade formativa para a prática em sala de aula, sete professores apontaram que, após os encontros com o grupo, passaram a elaborar aulas contextualizadas e com atividades experimentais, mesmo que não a tenham indicado como superada.

Sobre a necessidade formativa de saber dirigir os trabalhos dos alunos, um professor apontou ter superado tal necessidade, pois com a troca de experiências com os demais colegas, passou a conduzir melhor suas aulas. Mas, o mesmo professor relata sentir necessidade de voltar as discussões para estratégias que visem a melhoria da organização e da condução dos alunos durante as aulas experimentais. Dois professores manifestaram que, após os encontros, perceberam a importância de se planejar as aulas e que isso passou a ser um hábito.

Na perspectiva individual, no Quadro 27, é possível observar a necessidade formativa superada (I), a que requer discussão (II) e a que está contribuindo para a prática em sala de aula (III), de cada professor.

Quadro 27. Necessidades formativas superadas pelos professores.

	Conhecer o conteúdo da disciplina (NF2)			Saber analisar criticamente o ensino tradicional (NF5)			Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva (NF6)			Saber dirigir os trabalhos dos alunos (NF7)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P1	X	X	X			X			X			
P2	X		X					X	X		X	X
P3	X		X							X		X
P4	X		X						X			
P5	X		X					X	X			
P6	X	X	X			X			X			
P7	X	X										
P8	X		X			X	X	X	X			
P9 ¹⁵												
P10	X		X									
P11	X		X						X			
P12	X		X			X			X			

FONTE: Elaborado pela autora.

Nos encontros iniciais, P1 manifestou falta de domínio conceitual dos conteúdos discutidos, com níveis de compreensão conceitual, predominantemente, inadequados e insuficientes. Como consequência, o professor não tratava o conteúdo de eletroquímica; apenas apresentava o conceito da rapidez das reações direta e inversa em equilíbrio químico; e as variáveis que influenciam na rapidez de uma transformação química, em nível macroscópico, em cinética química.

Durante os encontros, P1 embora tenha participado pouco das discussões, interagiu com os colegas explicitando ideias (Episódio 4.3), apoiando-os (Episódio 4.7), declarando suas dificuldades (Episódio 6.1) e demonstrando reconhecimento do papel do grupo colaborativo na superação de suas dificuldades formativas (Episódio 5.3). Essa participação pode ter colaborado

¹⁵ Professor não estava presente no momento da atividade.

para a superação de suas dificuldades iniciais, visto que, em sua percepção, conseguiu superar a necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina e essa vem contribuindo com sua prática, além de apontar a vontade de continuar estudando tais conceitos:

“Este tema (eletroquímica) sempre me causou insegurança, dada a gama de conceitos envolvidos, mas os encontros me permitiram olhar o tema como um todo e agora me sinto segura para trata-lo [...] consegui entender a sequência dos experimentos, que pensa na construção do conhecimento do aluno”. (Professor 1 – 6º Encontro).

“Discutir a linguagem apropriada para ensinar equilíbrio químico foi muito importante, deixar de falar de deslocamento, pensar na contextualização, retomar alguns conceitos para compreender o assunto. Mas, percebo a necessidade de exercitar o assunto através de equações e gráficos”. (Professor 1 – 6º Encontro).

“[...] as discussões de cinética química mostraram como não deixar de associar macro e micro durante as aulas”. (Professor 1 – 6º Encontro).

O docente relata que a superação das dificuldades conceituais deu a ele segurança para tratar conceitos que antes não abordava e que passou a considerar os aspectos microscópicos ao planejar sua aula. Para ele, isso refletiu, também, na superação de outras duas necessidades formativas: saber analisar criticamente o ensino tradicional, compreendendo o material didático e a maneira com que os conceitos são introduzidos; e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, considerando a contextualização do conhecimento químico.

O professor 2 também manifestou concepções conceituais equivocadas no início dos encontros e que resultavam em um ensino superficial dos três conteúdos discutidos. Como os demais colegas, relatou a superação dessas dificuldades e a contribuição para sua prática de ensino. P2, embora presente, não se manifestou e participou de apenas um episódio de interação (Episódio 4.8). Mas, apesar da postura passiva, destacou a contribuição de outras duas necessidades formativas em sua prática de ensino, sendo elas: saber analisar criticamente o ensino tradicional e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa:

“As discussões do grupo me trouxeram uma clareza maior para elaborar uma sequência didática apropriada [...] me deram direções e orientações para que eu possa melhorar minha prática, adaptando novas metodologias, para conseguir planejar práticas docentes efetivas em sala de aula. Tudo isso contribui para que me sinta confiante e motivado [...] tenho um entendimento mais amplo, consegui uma clareza e isso possibilita explicações melhores”. (Professor 2 – 6º Encontro).

“A minha dificuldade presente está em relação aos experimentos, ainda não consegui realizar os experimentos com os alunos de uma maneira prática, e em contextualizar e dar significação para os alunos”. (Professor 2 – 6º Encontro).

O professor relata que passou a planejar as atividades dos alunos, conseguindo elaborar sequências didáticas e fazer uso de novas metodologias, mas, aponta a necessidade de discutir mais sobre maneiras de organizar as aulas práticas e planejar sequências contextualizadas.

O professor 3 manifestou a superação de duas necessidades formativas e a contribuição de ambas para sua prática em sala de aula:

“Percebi que abrangia os conteúdos (equilíbrio químico e cinética química) muito mais superficialmente do que desejava, agora estou mais preparado e penso em situações em que o tema possa ser melhor entendido”. (Professor 3 – 6º Encontro).

“Tinha dificuldade em conduzir os experimentos, as discussões e atividades realizadas. Com o grupo, minhas aulas, este ano, ficaram mais tranquilas e eficazes”. (Professor 3 – 6º Encontro).

Neste caso, pode-se notar a percepção do professor com relação ao seu aprofundamento conceitual. O mesmo apresentava níveis de compreensão conceitual, predominantemente, insuficientes e inadequados para os conteúdos de equilíbrio químico e cinética química. Como consequência, a maior parte dos conceitos envolvidos não eram

tratados em suas aulas. Mas, após os encontros, P3 declara estar preparado para tratar os conceitos com seus alunos, indicando a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina.

Outra necessidade formativa superada por P3 foi de saber dirigir os trabalhos dos alunos. O professor declarava dificuldades em ter um bom relacionamento com seus alunos e a indisciplina atrapalhava a condução das atividades. Segundo ele, com as discussões e troca de experiências, está conseguindo organizar o andamento da aula e realizar atividades que antes não conseguia.

P3 participou de vários episódios de interação durante os encontros, declarando suas dificuldades (Episódio 1.1), ampliando as ideias dos colegas (Episódio 4.3), explicitando suas ideias (Episódios 4.3, 5.1 e 5.2), declarando que o grupo colaborativo favoreceu o ganho de consciência acerca de uma necessidade formativa (Episódio 4.7) e declarando o reconhecimento do papel do grupo na superação de suas necessidades formativas (5.3). Foi um professor que muito contribuiu para o grupo e que, por suas declarações, recebeu contribuições também.

O professor 4 declarou a superação e a contribuição da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina e a também contribuição de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa:

“Ao trabalhar os conteúdos na resolução de exercícios, notei que está tudo resolvido, e como resultado, a segurança do domínio para dar esse conteúdo, que antes eu não dava”. (Professor 4, sobre eletroquímica, 6º Encontro).

“Em equilíbrio químico apresentava menos dificuldades, mas as discussões foram produtivas pelas trocas. Houve um enriquecimento das aulas, com a apresentação de novos exemplos, principalmente para a explicação da coexistência”. (Professor 4 – 6º Encontro).

“Em cinética também não tinha grandes dificuldades, mas foi importante para relembrar [...] com as ideias dos colegas consegui melhorar o planejamento das aulas”. (Professor 4 – 6º Encontro).

Dos três conteúdos estudados, eletroquímica foi aquele em que P4 apresentou mais dificuldades conceituais. Nos demais manifestou níveis de compreensão conceitual adequados e incipientes. Como consequência, o professor relatava não tratar eletroquímica em suas aulas, porém passou a se sentir seguro para tratá-los. Já os conteúdos de cinética química e eletroquímica eram tratados por P4, mas sua compreensão incipiente em algumas áreas resultava em um ensino superficial. Após as discussões o professor percebeu contribuições para o planejamento de suas aulas.

O professor 4 teve uma importante participação na dinâmica do grupo, pois se manifestou na maioria dos episódios de interação, principalmente durante as discussões dos conteúdos que se sentia mais familiarizado. Nos encontros iniciais, de discussão sobre eletroquímica, interagiu declarando suas dificuldades (Episódio 2.1), ampliando as ideias dos colegas, demonstrando compreensão dos materiais de apoio após as discussões (Episódio 3.2) e explicitando ideias que davam início aos episódios de interação (Episódio 3.3). Já nos demais encontros, teve sete interações de explicitação de ideias que subsidiaram o aprofundamento das reflexões e uma solicitação de apoio para a explicação da coexistência das espécies no equilíbrio químico. Isso significa que o grupo pode ter subsidiado a superação de suas dificuldades, mas que o professor também contribuiu com os demais colegas.

O professor 5 foi o que apresentou maior domínio dos conteúdos discutidos, mesmo assim apontou a superação de dificuldades conceituais, principalmente, sobre os conteúdos de equilíbrio químico e cinética química:

“Apresentava dificuldades relacionadas ao conceito de equilíbrio químico e as aplicações do princípio de Le Chatelier. Em cinética química, minhas dificuldades eram relacionadas aos aspectos microscópicos[...]. Com as discussões consegui relembrar alguns conteúdos que só tinha visto na graduação e que não tinha trabalhado na sala de aula ainda. Mas, agora trabalho”. (Professor 5 – 6º Encontro).

Indicou a aprendizagem dos modelos microscópicos para explicar as variáveis de uma transformação química, área que manifestou nível de compreensão conceitual insuficiente e que relatou não tratar com os alunos no início do grupo. Além disso, destacou as contribuições do

grupo para sua prática em sala de aula, sendo estas relacionadas a necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva:

“Recebi inúmeras contribuições: experimentos fáceis e possíveis de serem trabalhados; explicação microscópica de uma forma muito didática e maior quantidade de exemplos para serem trabalhados com os alunos”. (Professor 5 – 6º Encontro).

Mas, P5 manifestou a necessidade de mais discussões relacionadas a NF6, pois considera o conteúdo de equilíbrio químico difícil de ser contextualizado:

“Gostaria de pensar em outros contextos para trabalhar abordando o tema equilíbrio químico”. (Professor 5 – 6º Encontro).

Com relação à dinâmica do grupo, P5 foi o que mais contribuiu com os colegas. Nos episódios analisados, foram quatro manifestações de apoio aos colegas, com explicação conceitual (Episódios 1.5, 2.1, 5.1); explicitação de ideias que indicavam uma boa compreensão do material e a abordagem construtivista das sequências de ensino (Episódios 3.1, 3.2 e 5.2); compartilhamento de atividades experimentais já utilizadas em sala de aula (Episódio 2.2); ampliação das ideias dos colegas, subsidiando o aprofundamento de uma reflexão (Episódio); apoio aos colegas durante a solicitação de ajuda (Episódio 5.1) e reconhecimento do papel do grupo na superação de suas próprias dificuldades (Episódio 5.3).

O professor 6 manifestou níveis de compreensão conceitual predominantemente incipientes e insuficientes para os conteúdos estudados, porém foi um dos professores que mais confiou no grupo e mostrou vontade em superar suas dificuldades. Isso pode ser percebido nas interações do professor durante as discussões, pois declarou suas dificuldades para o exercício da docência sete vezes, solicitou ajuda para o grupo também por sete vezes, explicitou suas ideias sugerindo a realização de atividades que ajudariam na sua aprendizagem e ampliou as ideias dos colegas, favorecendo o aprofundamento da análise de problemas.

Além disso, em diversos episódios de interação, declarou que o grupo colaborativo favorecia o ganho de consciência acerca de suas dificuldades conceituais, reconhecia o papel do grupo na superação dessa necessidade formativa e declarava a superação. Como consequência de sua participação e vontade em aprender, P6 indicou avanços em conhecer o

conteúdo da disciplina, em saber analisar criticamente o ensino tradicional e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa:

“As discussões foram esclarecedoras; as atividades, os exercícios e os experimentos facilitaram o entendimento de conceitos que não compreendia. Tinha dificuldade em compreender a influência da temperatura na constante de equilíbrio, não lembrava o significado de endotérmico e exotérmico. Foi interessante, também, a discussão entre a importância de associar os aspectos microscópico e macro [...], mas como tinha muitas dificuldades, gostaria de rever alguns conceitos futuramente”. (Professor 6 – 6º Encontro).

“Os experimentos que realizamos não fogem da nossa realidade, o que tornou possível a realização durante as aulas [...] gostei, também, de aprender a pensar na sequência de experimentos que faça o aluno ir aprendendo e não só averiguando”. (Professor 6 – 6º Encontro).

O professor aponta, ainda, a necessidade de continuar aprendendo e destaca que passou a compreender o uso da experimentação como um recurso para a construção do conhecimento e não só comprovação ou observação. Isso se mostra válido, já que, muitas vezes, os professores apresentam uma rejeição verbal ao ensino tradicional, mas não conseguem perceber esse tipo de ensino nas atividades, acabam concordando com materiais que não consideram os conhecimentos prévios dos alunos e aplicam os conhecimentos científicos ignorando os aspectos conflitivos da relação CTSA (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

O professor 7, manifestou muita dificuldade conceitual no início dos encontros. Nos conteúdos de equilíbrio químico e cinética química seu nível de compreensão conceitual foi insuficiente e inadequado para todas as áreas. Durante os encontros, demonstrou ser um professor tímido e que pouco interagiu com o grupo, tanto que participou dos episódios de interação apenas quando as atividades aconteceram em grupos de 3 ou 4 professores, com manifestação de dificuldades conceituais e solicitação de ajuda.

Por outro lado, P7 se preocupava em vencer suas dificuldades conceituais, solicitando ajuda das pesquisadoras, ao final dos encontros, para esclarecer dúvidas e sugestão de livros de

conteúdo específico de química. Isso teve reflexo em sua formação, pois apontou a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina:

“As atividades experimentais foram importantes para verificar minhas dificuldades, como por exemplo reação espontânea e não espontânea. Preciso partir dessa ideia para explicar as pilhas e a eletrólise e só percebi isso depois. É claro que para trabalhar com os alunos irei continuar revendo e preparar minhas aulas com mais tempo”. (Professor 7 – 6º Encontro).

“Em equilíbrio químico, foi de grande importância rever que exotérmico está relacionado com a liberação de energia e endotérmico com a absorção de energia, não lembrava”. (Professor 7 – 6º Encontro).

“Analisar os experimentos ajudou a entender e discutir os conteúdos que a cinética química aborda e a entender a parte macroscópica e microscópica que define bem a cinética química”. (Professor 7 – 6º Encontro).

Nesses trechos, pode-se perceber que P7 se refere aos conceitos específicos que aprendeu durante o grupo e à necessidade de continuar aprendendo, mas não relata a contribuição dessa aprendizagem para suas aulas. A aprendizagem e contribuição de necessidades formativas relacionadas a sua prática em sala de aula também não foi apontada. Tem sido comum que, a partir da superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina, os professores passem a refletir sobre aquelas relacionadas a prática de ensino. Talvez, P7 ainda estivesse em processo de superação da NF2, por isso não tenha apontado as demais.

O professor 8 apresentou conhecimento satisfatório em algumas áreas dos conteúdos discutidos. Isso permitiu a ele colaborar com o grupo exemplificando a própria prática (Episódios 1.2 e 1.4), apoiando os colegas (Episódios 1.4, 2.2 e 4.6), explicitando suas ideias (Episódios 4.2, 4.4, 4.6 5.1) e ampliando as ideias colocadas em discussão (Episódios 4.2 e 4.5).

Por outro lado, suas dificuldades também foram explicitadas (Episódios 1.1, 1.3, 2.1 e 4.2) e P8 solicitou apoio aos colegas (Episódio 1.3).

Em sua percepção sobre seu desenvolvimento, P8 declara ter superado as necessidades formativas de conhecer o conteúdo da disciplina e que isso vem contribuindo para sua prática de ensino:

“Em eletroquímica eu tinha os conceitos bem definidos, consegui tirar algumas dúvidas. Mas, em equilíbrio químico e cinética química aprendi várias coisas que não sabia, por exemplo: quando usava indevidamente o princípio de Le Chatelier, a influência de sólidos e líquidos puros, a influência da temperatura no valor da constante de equilíbrio, que o aumento de reagentes/produtos não influencia, as explicações microscópicas da velocidade de uma reação química [...] toda a discussão da parte teórica, hoje faz parte do planejamento das minhas aulas”. (Professor 8 – 6º Encontro).

Além disso, P8 declara ter superado a necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa e que isso teve reflexo em suas aulas, mas destaca a necessidade de conhecer outros experimentos de equilíbrio químico:

“Em eletroquímica, a minha maior dificuldade era na hora da montagem dos experimentos e as adaptações que eu poderia fazer caso não tivesse recursos necessários. A forma de demonstrar a diferença entre processo espontâneo e não espontâneo também foi muito boa. Aprendi a interpretar melhor essas atividades do material usado nas escolas”. (Professor 8 – 6º Encontro).

Outro destaque de P8 foi a maior compreensão do material utilizado e da sequência de ensino proposta. Para a maioria dos professores, inclusive para P8, o uso de sequência de experimentos que permitia a construção do conceito e que motivava os alunos a criar hipóteses, era uma novidade. Tal atividade não era usada por muitos professores, pois os mesmos não compreendiam seu objetivo. Felizmente, essa compreensão foi alcançada durante as discussões.

O professor 9 não estava presente no momento da realização desta atividade, logo não foi possível saber a percepção do mesmo sobre a superação de suas necessidades formativas. Mas, cabe ressaltar, que P9 foi um professor que pouco participou dos episódios de interação. Em dois momentos, apenas, explicitou suas ideias, manifestando equívocos conceituais e de prática de ensino, indo ao encontro das dificuldades anteriormente manifestadas.

O professor 10 foi o que mais manifestou dificuldades conceituais. Seu nível de compreensão conceitual foi, majoritariamente, inadequado e relatou não tratar eletroquímica, cinética química e equilíbrio químico com seus alunos. Sua interação com o grupo foi baixa, participou de apenas um episódio de interação, explicitando suas dificuldades e solicitando apoio ao grupo. Segundo a percepção do próprio professor, houve superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina e a contribuição dessa para sua prática:

“Em eletroquímica, ficaram claramente entendidas algumas dúvidas que eu tinha, em relação a teoria e ao experimento. No equilíbrio químico houve várias dúvidas que vieram à tona na hora das discussões. Com isso, foram trabalhadas essas dúvidas, havendo maior preparo e conhecimento para serem trabalhados em sala de aula [...]. Os três temas foram bem aproveitados e entendidos, o que pode possibilitou uma maior experiência para ser abordada em sala de aula”. (Professor 10 – 6º Encontro).

Assim como pôde-se notar com P7, o professor 10 não manifestou superação de outras necessidades formativas. Aparentou não ter se apropriado das discussões relacionadas ao material didático, às estratégias de ensino e aos recursos didáticos. Talvez, a timidez e a insegurança, relatadas pelo professor, podem ter sido um empecilho para que participasse mais dos encontros e as dificuldades conceituais podem tê-lo impedido de compreender o objetivo das atividades discutidas.

O professor 11 apresentou níveis de compreensão conceitual incipientes e insuficientes para as áreas de eletroquímica e cinética química e relatou não tratar o primeiro conteúdo e tratar parcialmente o segundo. Em equilíbrio químico, manifestou níveis de compreensão conceitual adequado, insuficiente e inadequado e relatou tratar o conteúdo também de maneira parcial. Sua percepção, após a participação no grupo, foi a de superação dessas dificuldades e contribuição para sua prática:

“Em eletroquímica apresentava muitas dificuldades conceituais que foram superadas com as discussões do grupo. As discussões foram importantes para a compreensão e eliminação das dificuldades. No tópico sobre equilíbrio químico, tinha algumas dúvidas que foram eliminadas e cinética é um assunto interessante que também não apresento mais dificuldades”. (Professor 11 – 6º Encontro).

“O curso contribuiu muito para as reflexões sobre a minha prática em sala de aula e o grupo permitiu a elucidação das dificuldades. Agora, ao preparar uma atividade, penso no papel do aluno nela”. (Professor 11 – 6º Encontro).

Além de apontar a superação de dificuldades conceituais, o professor manifestou avanço na maneira de planejar uma atividade, podendo ter superado a necessidade formativa de saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva. Durante os encontros, P11 interagiu com o grupo manifestando suas ideias (Episódios 2.1 e 4.8), apoiando os colegas em suas dificuldades (Episódio 4.8) e, também, solicitando ajuda quando tinha dificuldade (Episódio 4.8). Em dois momentos, declarou que o grupo colaborativo favoreceu a consciência de necessidades formativas a serem superadas (Episódios 4.1 e 5.3).

O professor 12 manifestou compreensão pontual, com níveis de compreensão conceitual adequada e incipiente em poucas áreas dos conteúdos discutidos. Relatou tratar os três conteúdos em suas aulas, porém parcialmente. Para ele, o grupo colaborou com a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina e contribuíram para a sua prática as necessidades formativas relacionadas a saber analisar criticamente o ensino tradicional e saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem significativa:

“Em eletroquímica eu apresentava confusões em alguns conceitos. Também tinha dificuldade em desenvolver atividades experimentais que não fossem só para validar os conceitos discutidos e também de mostrar através delas as diferenças entre eletrólise e eletroquímica. Em equilíbrio químico, eu tinha dificuldade em entender o que poderia alterar o equilíbrio químico. Já em cinética, não conseguia integrar os aspectos macros e micros. Após as discussões realizadas, minhas dúvidas e dificuldades foram sanadas”. (Professor 12 – 6º Encontro).

Esse professor teve uma participação muito ativa no grupo, colaborando em grande parte dos episódios de interação. Declarava suas dificuldades e solicitava apoio ao grupo (Episódios 1.1, 1.2, 1.4, 2.2, 4.6 e 4.9); explicitava suas ideias, ampliava as ideias dos colegas e fazia questionamentos reflexivos, o que colaborava com os debates e subsidiava a reflexão (Episódios 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 2.1, 2.2, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 5.2).

Com essa análise, pode-se conjecturar que o grupo subsidiou a superação de quatro necessidades formativas: conhecer o conteúdo da disciplina, saber analisar criticamente o ensino tradicional, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, saber dirigir os trabalhos dos alunos. As demais, e não menos importantes, necessidades formativas podem não ter sido contempladas devido à escolha dos professores em discutir conceitos químicos. Alguns professores conseguiram superar mais dificuldades que outros, porém, considerando a perspectiva do professor, todos tiveram alguma necessidade formativa superada e que vem contribuindo para sua prática de ensino.

Pode-se concluir, também, que os professores apresentaram posturas diferentes em relação ao grupo. Os professores 4, 5, 8 e 12 interagiram muito durante as discussões, ora explicitando dificuldades e solicitando ajuda, ora solicitando apoio dos colegas, ou seja, tanto contribuíram com a dinâmica do grupo, quando receberam contribuições. Isso pode estar relacionado ao fato de que estes professores apresentaram níveis de compreensão conceitual adequado em algumas áreas dos conteúdos discutidos, tendo então segurança para ajudar seus colegas.

Os professores 3 e 6 também interagiram durante as discussões, porém sempre explicitando suas dificuldades e solicitando ajuda para superá-las. Mas, isso não significa que apenas receberam contribuição do grupo, pois, embora não apoiassem tanto os colegas com soluções, ajudavam com questionamentos reflexivos, provenientes de suas dificuldades, e que levava todos os colegas à reflexão. A postura de sempre recorrer à ajuda dos colegas pode vir do fato de terem manifestado níveis de compreensão conceitual predominantemente insatisfatórias, não garantindo a eles subsídios teóricos para auxiliar os colegas.

Os professores 7, 9 e 10, por sua vez, pouco participaram das discussões do grupo. Talvez por não se sentirem à vontade para explicitar suas dificuldades, visto que, foram os que mais manifestaram níveis de compreensão conceitual inadequado em relação aos conteúdos discutidos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante meses nos dedicamos em atividades de formação continuada que se distanciassem dos cursos tradicionais. Pensamos em atividades que permitissem aos professores participantes estudar aquilo que fosse de seu interesse e promovessem um ambiente de troca de experiências e conhecimento, sem que houvesse um cronograma pronto a seguir. E isso aconteceu. Nos encontros do grupo colaborativo os professores participaram espontaneamente e voluntariamente, se uniram para superar suas próprias dificuldades ou para apoiar as dificuldades dos colegas, identificando-as e comprometendo-se com o grupo, e os encontros aconteceram enquanto sentiram necessidade. Essas características confirmam a ideia de colaboração proposta por Hargreaves (1999) e pode ser uma maneira de romper com o individualismo tão presente na escola e com o qual os professores estão acostumados.

No decorrer dos encontros os professores foram manifestando suas dificuldades conceituais e didáticas e contribuindo com as reflexões. Assim, consideramos ter sido possível responder às questões que instigaram esta pesquisa e alcançar os objetivos propostos inicialmente.

A primeira questão que motivou esta pesquisa foi: *quais são as dificuldades conceituais apresentadas por professores, participantes de um grupo colaborativo, sobre conceitos químicos ensinados no ensino médio e que fazem parte do currículo atual de química do Estado de São Paulo?* Para responder a esta questão, objetivamos identificar possíveis dificuldades conceituais dos professores participantes do grupo colaborativo em relação aos conteúdos prescritos no currículo.

Com respostas dadas em entrevistas e questionários, foi possível obter um panorama geral das facilidades e dificuldades dos professores. Com relação aos conteúdos da primeira série do ensino médio, os professores apontaram dificuldades com a ideia de modelos explicativos como construções humanas em diferentes contextos sociais, balanceamento de reações químicas e cálculo estequiométrico. Os demais itens presentes no currículo para essa série não foram considerados difíceis pelos professores por serem, em grande parte, conteúdos que não requerem abstrações complexas. Mas, dificuldades maiores foram emergindo nos tópicos relacionados às segunda e terceira séries, sendo eles: concentração de soluções, demanda bioquímica de oxigênio, interações intra e intermoleculares, eletroquímica, cinética química, equilíbrio químico, componentes dos alimentos, arranjos atômicos e moleculares e sustentabilidade. Percebemos, então, que os professores apresentam dificuldades conceituais

em conteúdos que exigem um nível de abstração maior, requerem uso de modelos elaborados e relações matemáticas, e que tratam de meio ambiente.

A partir da decisão dos professores de discutir e aprofundar seus conhecimentos sobre cinética química, eletroquímica e equilíbrio químico foi possível responder à segunda e à terceira questões de pesquisa:

A segunda foi: *como tais concepções influenciam suas decisões sobre estratégias de ensino e prática docente?* Nossa hipótese para tal era que o professor que apresenta um domínio conceitual é capaz de se envolver em atividades inovadoras sem grandes dificuldades e é crítico com relação à escolha do material didático, bem como às estratégias de ensino e seleção e sequência dos conteúdos tratados. Por outro lado, professores com dificuldades conceituais podem ser menos autônomos, ficando reféns do livro didático.

Para responde-la, procuramos identificar relações entre os conhecimentos específicos apresentados pelos professores e sua prática de ensino. Com a divisão dos conteúdos discutidos em áreas que representavam conceitos ou fenômenos relacionados a tais, e a posterior classificação das concepções manifestadas, foi possível identificar “Padrões” de conhecimentos entre os professores, para cada um dos conteúdos. Foram identificados cinco Padrões, sendo o primeiro para professores que apresentavam domínio do conteúdo e o último para professores que apresentavam níveis de compreensão conceitual exclusivamente insuficientes e inadequados. Posteriormente, os padrões foram relacionados ao modo com que o professor aborda o conteúdo (trata no contexto das situações de aprendizagem, trata fora do contexto das situações de aprendizagem ou trata superficialmente), quando o aborda.

Para nossa surpresa, apenas um professor apresentou o Padrão 1 e para um único conteúdo, eletroquímica. Os demais apresentaram Padrões de nível de compreensão conceitual que indicavam dificuldades conceituais. Ao relacionar com as práticas de ensino, nos pareceu que, em certa medida, nossa hipótese poderia ser confirmada, visto que o professor que manifestou o Padrão 1 tratava o conteúdo na extensão e profundidade requerida pelos documentos oficiais, conseguia realizar adaptações para a realidade do seu local de trabalho, era crítico com relação ao material e estratégias de ensino, se preocupava com as questões ambientais e apoiava os demais professores do grupo com relação às suas dificuldades.

Com os demais professores, foi possível perceber que as áreas tratadas parcialmente ou não tratadas no ensino aumentam com o aumento das dificuldades. Dos doze professores, cinco relataram não tratar os conteúdos de eletroquímica e equilíbrio químico e três não tratam o conteúdo de cinética química, sendo que, os demais relataram pautar seu ensino nos fatores

que determinam ou modificam a rapidez de uma transformação química, não tratando ou tratando superficialmente os modelos explicativos.

A terceira questão de pesquisa foi: *como a ampliação e o aprofundamento conceitual podem auxiliar os professores na compreensão do currículo e em suas práticas em sala de aula?* Para reponde-la, objetivamos analisar as interações entre os professores durante os encontros do grupo colaborativo e identificar suas percepções sobre seu desenvolvimento em relação ao conhecimento químico. Partimos do pressuposto de que a participação dos professores em um grupo colaborativo poderia favorecer a reflexão sobre suas dificuldades, despertando a consciência e a vontade de adquirir novos conhecimentos e que a configuração do grupo, voltada às dificuldades do professor, poderia subsidiar a superação dessa necessidade formativa.

Com essa análise foi possível notar que os professores interagiam com o intuito de superar algumas de suas necessidades formativas, declarando suas dúvidas, solicitando ajuda aos colegas e ajudando os mesmos em suas dificuldades. Todos os professores apontaram a superação da necessidade formativa de conhecer o conteúdo da matéria e que essa superação vem contribuindo para a sua prática em sala de aula, no sentido de dar mais segurança e subsídios para tratar conteúdos antes não tratados. Percebemos, ainda, que o grupo subsidiou a superação de outras três necessidades formativas: saber analisar criticamente o ensino tradicional, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva e saber dirigir os trabalhos dos alunos. Mas, tais superações não se deram igualmente para todos os professores, pois alguns relataram suas superações com mais ênfase e mais constantemente do que outros.

Os professores que manifestaram, inicialmente, níveis de compreensão conceitual inadequado, em relação aos conteúdos discutidos, pouco participaram das discussões do grupo e relataram ter superado apenas as dificuldades conceituais. Os demais professores, que manifestaram dificuldades em menos áreas, relataram superar necessidades formativas relacionadas à prática de ensino, além das dificuldades conceituais. Com isso, podemos concluir que, uma vez superada a necessidade formativa de conhecer o conteúdo da disciplina, os professores voltam-se à superação de outras. No caso dos primeiros, devido à grande dificuldade conceitual, os encontros podem não ter sido suficientes para que se sentissem aptos a pensar sobre a prática.

Embora tenha sido possível responder às questões e alcançar os objetivos propostos no início da pesquisa, cabe deixar claro as dificuldades enfrentadas no decorrer da mesma. A

primeira dificuldade se refere à postura do professor, muitas vezes passiva, durante os primeiros encontros do grupo colaborativo. Os professores sugeriam os temas a serem discutidos, mas não se prontificavam a preparar uma atividade experimental ou a trazer materiais para as discussões, cabendo isso às pesquisadoras. Atribuímos essa postura dos professores ao fato de estarem acostumados a participar de atividades de formação continuada na modalidade de cursos, com cronogramas e atividades pré-estabelecidos. Tal postura foi sendo modificada no decorrer dos encontros, talvez pela condução dada pelas pesquisadoras, sempre questionando, motivando e, além disso, direcionando as discussões quando estas tendiam a concepções distantes daquelas cientificamente aceitas.

A segunda dificuldade enfrentada, para nós uma surpresa, foi o nível de compreensão conceitual insatisfatório. Esperávamos que os professores apresentassem domínio dos conceitos básicos relacionados aos conteúdos de Química prescritos no currículo do Estado de São Paulo e que fosse possível aprofundar certos conceitos. Mas, durante as discussões, os professores foram manifestando dificuldades relacionadas aos conceitos e atividades prescritos no material utilizado por eles, de maneira que nossas discussões aconteceram ao nível de ensino médio.

Outra dificuldade enfrentada foi com relação à observação das aulas dos professores. Nossa ideia inicial era acompanhar as aulas de alguns professores, para tentar perceber a possível influência da participação do grupo em suas práticas de sala de aula. Mas, as escolas não permitiram, por estarem enfrentando um período de greve, com ausência de muitos professores, o que comprometia o bom funcionamento da escola. Foi possível acompanhar seis aulas de um único professor.

Superadas as dificuldades da pesquisa, concluímos que o grupo colaborativo pode ser uma alternativa para a formação continuada de professores, uma vez que favorece a criação de um ambiente de troca de experiências, conhecimento e, principalmente, de reflexão sobre a prática. Tal reflexão pode levar à consciência de que é necessário continuar aprendendo sempre e, por consequência, leva ao desenvolvimento profissional docente. Assim, deixamos como sugestões:

- Que se pense em atividades de formação continuada na perspectiva da colaboração, para que o professor se habitue com seu papel ativo na superação de suas necessidades e rompa com o isolamento profissional. Uma vez adaptados à essa configuração de reuniões, os próprios professores podem organizar grupos colaborativos nas diretorias de ensino ou na escola.

- Que as atividades de formação continuada levem em consideração os anseios dos professores, suas reais necessidades e angústias. Estudar o conteúdo específico vem sendo deixado de lado por ser considerado suficiente o que se estuda durante a formação inicial, mas os resultados desta pesquisa indicam o contrário, professores apresentam dificuldades conceituais que os impedem de superar necessidades formativas relacionadas à prática em sala de aula.

- Momentos de reflexão podem favorecer o questionamento das ideias docentes de senso comum sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências, como a ideia de que é natural a dificuldade dos alunos em determinadas disciplinas ou que os problemas das escolas públicas brasileiras, como salas superlotadas e falta de recursos, são os únicos motivos para que os alunos aprendam. É necessário que o professor tenha consciência sobre o seu papel nos processos de ensino e de aprendizagem, para que tenha motivação em continuar aprendendo.

Com isso, sendo a escola pública tão importante para a formação das crianças, jovens e adultos, é importante que se dê a ela o devido valor e que iniciativas que resgatem a autoestima do professor, que os valorizem profissionalmente e que promovam seu desenvolvimento profissional sejam o foco de muitas ações.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, N. J.; CHE LAH, Y. Improving Students' Conceptual Understanding of a Specific Content Learning: A Designed Teaching Sequence. *Online submission*, p. 8, 2012. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED532830>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- AIRES, J. A. e TOBALDINI, B. G. Os saberes docentes na formação de professores de química participantes do PIBID. *Revista Química Nova na Escola*. v. 35, n. 4, p. 272-282, 2013.
- AYRES-PEREIRA, T. *Transformações Químicas – visões e práticas de ciências*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARKER, V. Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. *Royal Society of Chemistry*, 2001.
- BARDIN, L.; RETO, L.A.; PINHEIRO, A. *Análise de Conteúdo*. Lisboa Edições 70, 2010.
- BARROS, H. L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 241- 245, 2009.
- BEBER, L. B. C.; MALDANER, O. A. Competências e habilidades na reorganização curricular do ensino médio: significados para o ensino de ciências. In: *Seminário de pesquisa em educação da região sul*, 9. Caxias do Sul: UCS, 2012. Disponível em: http://www.portalanpedsul.com.br/admin/uploads/2012/Curriculo/Trabalho/05_19_35_2340-7591-1-PB.pdf. Acesso em 15 jun. 2017.
- BEDIN, E.; CASSOL, C. Ensino de Equilíbrio Químico na Educação Básica: das analogias às atividades experimentais. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0527-1.pdf>. Acesso em: fev. 2017.
- BERTOTTI, M. Dificuldades conceituais no aprendizado de equilíbrios químicos envolvendo reações ácido-base. *Química Nova*, v. 34. n. 10, p.1836-1939, 2011.
- BILGIN, I. Promoting pre-service elementary students' understanding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v. 67 n. 12, p. 1000-1003, 1990.
- BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A.; MACÊDO, A. P. A Química Orgânica no Ensino Médio: evidências e orientações. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9, Atas do ENPEC, Águas de Lindóia, 2013.
- BOAVIDA, A. M. A argumentação em matemática: investigando o trabalho de professoras em contexto de colaboração. Tese de doutoramento. Lisboa: Universidade de Lisboa, Portugal, 2005.

BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. In: GTI (Org.). Refletir e investigar sobre a prática profissional. Lisboa: APM, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, DF, 1998. Parecer CEB 15/98, aprovado em 1/6/98.

_____. LDB. Lei N° 4.024, de 20 de dezembro de 1961. *Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1961.

_____. LDB. Lei N° 5.692, de 11 de agosto de 1971. *Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1971.

_____. LDB. Lei N° 9.394, de 23 de dezembro de 1996. *Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1996.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília, Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASLAVSKY, C. Bases, orientaciones y critérios para el diseño de programas de formación de profesores. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 19, p. 1-28, 1999.

CAKMAKCI, G. Identifying alternative conceptions of chemical kinetics among secondary school and undergraduate students in Turkey. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 4, p. 449-455, 2010.

CAMPOLAT, N.; PINARBASI, T.; BAYRAKÇEKEN, S.; GEBAN, O. The conceptual change approach to teaching chemical equilibrium. *Research in Science e Technological Education*. v. 24, n. 2, p. 217-253, 2006.

CARMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, 9, Jaboticatubas, 2004.

CARMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011.

CARDA, M. C. P.; TOMMASIELLO, M. G. C. O que pensam os futuros professores sobre as ATPC – atividades de trabalho pedagógico coletivo. In: *Mostra acadêmica Unimep*, 10, Piracicaba, 2012.

CAROBIN, C.; SERRANO, A. Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação. *Acta Scientiae*. v. 9, n. 2, p. 131-143, 2007.

CARVALHO, A. M. P. e GIL-PÉREZ, D. *Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações*. 10 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHEUNG, D. The Adverse Effects of Le Chatelier's Principle on Teacher Understanding of Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*. v. 86, n.4, p. 514-518, 2009.

CHIMENTÃO, L.K. O significado da formação continuada docente. In: *IV Congresso Norte Paranaense de Educação Física Escolar*. Londrina, 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br/eventos/conpef/conpef4/trabalhos/comunicacaooralartigo/artigocomoral2.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

CULLEN, D. M.; PENTECOST, T. C. A Model Approach to the Electrochemical Cell: Na Inquiry Activity. *Journal of Chemical Education*, v. 88, p. 1562-1564, 2011.

CUNHA, E. R. Os saberes docentes ou saberes dos professores. *Revista Cocar*. v. 1, n. 2, p. 31-39, 2007.

DE JONG, O.; ACAMPO, J.; VERDONK, A. Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, 1097-1110, 1995.

DE JONG, O.; TREAGUST, D. The teaching and learning of electrochemistry. In: GILBERT, J. K.; DE JONG, O.; JUSTI, R.; TREAGUST, D. F.; VAN DRIEL, J. H. *Chemical Education: towards research-based practice*. Science & Technology Education Library, p. 317-337, 2002.

FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M.E.R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. *Química Nova na Escola*. n. 24, p. 20-24, 2006.

FIGUEIREDO, K. L. *Formação continuada de professores de química buscando inovação, autonomia e colaboração: análise de desenvolvimento de seus conhecimentos sobre modelagem a partir do envolvimento em pesquisa-ação*. 2008, 232f. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FISCHER, F.; BRUHN, J.; GRASEL, C.; MANDL, H. Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction*, v. 12, p. 213-232, 2002.

FORQUIN, J.C. *Escola e Cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar*. Porto Alegre: Artmed, 1993.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 275-282, 2009.

- FRANÇA, L. P. O desafio de ser professor na educação básica. 34 f. Monografia (Especialização em Educação Básica), Universidade da Paraíba, Centro de Educação, Campina Grande, 2012.
- FREIRE, L.I.F.; FERNANDEZ, C. Professores novatos de química e o desenvolvimento do PCK de oxirredução: influências da formação inicial. *Educación Química*. v.35, n.3, p. 312-324, 2014.
- FRISON, M. D. *A produção de saberes docentes articuladas à formação inicial de professores de química: implicações teórico-práticas na escola de nível médio*. 2012. 310f. Tese (Doutorado) apresentada ao Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- FUNDAÇÃO VICTOR CIVITA. *Formação continuada de professores: uma análise das modalidades e das práticas em estados e municípios brasileiros*. Brasil: Fundação Carlos Chagas, 129 p., 2011.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustância y de mol. *Revista enseñanza de las ciencias*. v. 17, n. 3, p. 359-376, 1999.
- FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. Fijación y reducción funcionales como razonamientos de sentido común en el aprendizaje de la química (1): Equilibrio químico. *Jornal of Science Education*., v. 1, n. 1, p. 6-12, 2000.
- GARCÍA, C. M. Como conocen los profesores la materia que enseñan: algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. In: *Congreso las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Espanha, 1992. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/233966597_Cmo_conocen_los_profesores_la_materia_que_ensean._Algunas_contribuciones_de_la_investigacin_sobre_conocimiento_didctico_d_el_contenido. Acesso em: 20 ago. 2015.
- GARCIA, J. M.; GRECA, I. M.; MENESES, J. A. Comunidades virtuales de práctica para el desarrollo profesional docente em Enseñanza de las Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 7, n. 2, 2008.
- GAUTHIER, C. *Por uma teoria da Pedagogia*. Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 1998.
- GILBERT, J.; TREAGUST, D. Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In: *GILBERT, J. e TREAGUST, D. (Ed.). Multiple Representations in Chemical Education*: Springer Netherlands, v.4, p.1-8, 2009.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo: v.35, n.2, p. 57-63, 1995.
- GOES, L. F.; FERNANDEZ, C; AGOSTINHO, S. M. L. Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. In: *XVII*

Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0236-1.pdf>. Acesso em: dez./2016.

GOMES, J. N.; AGUIAR, J. G.; MAXIMIANO, F. A. Concepções alternativas sobre mudanças do estado de equilíbrio químico no ensino superior. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R0802-2.pdf>. Acesso em: out. 2016.

GOMES, J. N.; MAXIMIANO, F. A. O que aprendem os ingressantes de um curso de graduação em química a respeito do equilíbrio químico? In: VIII *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Campinas, 2011.

GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. *Interações e Transformações III: A Química e a Sobrevivência: Fonte de Materiais: Química para o Ensino Médio: Livro do Aluno/Guia do Professor*. São Paulo: Edusp, 1998.

HARGREAVES, A. *Profesorado, cultura y postmodernidad*. Espanha: Morata, 1999.

HUDDLE, P. A.; PILLAY, A. E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, p. 65-77, 1996

JONNAERT, P.; ETTAYEBI, M.; DEFISE, R. *Currículo e competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

JOHNSTONE, A. H.; MACDONALD, J. J.; WEBB, G. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties, *Education in Chemistry*, v. 14, p. 169-171, 1977

JUSTI, R. *Models in the teaching of chemical kinetics*. Tese de Doutorado. University of Reading, 1997.

JUSTI, R.; RUAS, R. M. Aprendizagem química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 24-27, 1997.

KAYA, E.; GEBAN, Ö. Facilitating Conceptual Change in Rate of Reaction Concepts Usin Conceptual Change Oriented Instruction. *Education and Science*, v. 37, p. 216-225, 2012.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*. v.14, n.1, 2000.

LAVE, J; WENGER, E. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Universidade de Cambridge, 1991.

LIBÂNEO, J. C.; PIMENTA, S. G. Formação de profissionais da educação: visão crítica e perspectiva de mudança. *Educação & Sociedade*. n. 68, p. 239-277, 1999.

LIMA, L. P. *Currículo de química em foco: reflexões de um grupo colaborativo de professores do Estado de São Paulo*. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo,

2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-02082016-141152/pt-br.php>. Acesso em: 10 jun. 2017.

LIMA, V.A.; MARCONDES, M.E.R. Atividades experimentais no ensino de química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. In: *VII Congreso Internacional sobre Investigación em la Didáctica de las Ciencias*, 2005, Granada. Enseñanza de las Ciencias, número extra, VII Congreso, 2005.

LUTFI, M. *Cotidiano e educação em química: os aditivos em alimentos como proposta para o ensino de química no 2º grau*. Ijuí: Unijuí, 1988.

MARCONDES, M.E.R.; AKAHOSHI, L.H.; LIMA, V.A. Análise de Mapas Conceituais Elaborados por Professores de Química para o Ensino de Eletroquímica. In: *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2005, Bauru. Anais V ENPEC. Bauru: Unesp, v. único, 2005.

MARTORANO, S.A.A. *A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema*. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Química) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25022013-124601/>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

MARTORANO, S.A.A.; MARCONDES, M.E.R.; SANTOS Jr., J.B. Uma análise da transição progressiva de uma professora do ensino médio em seus modelos de ensino de cinética química. *Enseñanza de las Ciencias*, v. extra, p. 118-122, 2013.

MCKERNAN. *Currículo & Imaginação: Teoria do processo, pedagogia e pesquisa-ação*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MOSER, A. Formação docente em comunidades de prática. *Revista Intersaberes*, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 210-244, 2010.

MOURA, S. A. S. *Análise de um grupo colaborativo de professores de química como espaço de formação continuada*. 2010. 127f. Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2010.

ÖZKAYA, A. R. Conceptual Difficulties Experienced by Prospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells. *Journal of Chemical Education*, v. 79, p. 735-738, 2002.

ÖZMEN, H. Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*. v. 9, p. 225-233, 2008.

PANITZ, T. *A definition of Collaborative vs Cooperative Learning*. Universidade Metropolitana de Londres, Londres, 1996. Disponível em: http://colccti.colfinder.org/sites/default/files/a_definition_of_collaborative_vs_cooperative_learning.pdf. Acesso em: 10 dez. 2016.

PEREIRA, J. E. D. A pesquisa dos educadores como estratégia para construção de modelos críticos de formação docente. In: Pereira, J. E. D.; Zeichner, K. M. (orgs.) *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PIMENTA, S. G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.31, n. 3, p. 521-539, 2005.

PUNTES, R. V.; AQUINO, O. F.; QUILICI NETO, A. Profissionalização dos professores: conhecimentos, saberes e competências necessários à docência. *Educar*, Curitiba, n. 34, p. 169-184, 2009.

RAVIOLO, A. Las imágenes em el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, n. 17, 2006.

RAVIOLO, A.; BAUMGARTNER, E.; LASTRES, L.; TORRES, N. Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Educación Química*, v. 12, n. 1, p. 18-26, 2001.

RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ-AZNAR, M. El origen de las dificultades y de las concepciones alternativas de los alunos en relación con el equilibrio químico In: SÁNCHEZ, M.; MORCILLO ORTEGA, J. G. (eds.). *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, p. 494-502, Madrid, 2000.

_____. El origen de las dificultades y de las concepciones alternativas de los alunos en relación con el equilibrio químico. *Educación Química*, n. 16, 2005.

_____. Uma revision sobre las concepciones alternativas de los estudiantes em relación com el equilibrio químico. Classificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, v. 14, n. 3, 2003.

RODRIGUES, S. R.; SILVA, R. S. A Formação do conhecimento escolar pela confluência dos saberes da Ciência Química, da História e da Cultura Popular: aplicação e avaliação de uma proposta de ensino. In: Encontro Nacional de Ensino de Química 15. *Anais do 15 ENEQ*, Brasília 2010.

ROSA, M. I. P. Identidade docente e a disciplina escolar Química: O caso da Proposta Curricular da Secretaria do Estado de São Paulo. In: *Anais XV ENEQ*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.xveneq2010.unb.br/resumos/R0259-1.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

_____. *Investigação e ensino: articulações e possibilidades na formação de professores de Ciências*. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.

ROSA, M. I. P.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 31-35, 1998.

SACRISTÁN, J.G. *O currículo: Uma reflexão sobre a prática*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANTOS Jr., J. B. *Grupos colaborativos de professores de Química: como uma possibilidade de articular a Atividade de Trabalho Pedagógico Coletivo (ATPC) com o desenvolvimento profissional*. 2014. 242f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Química) apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2014.

SANTOS JR., J. B.; MARCONDES, M. E. R. Grupos de aprendizagem colaborativa como ferramenta na reestruturação do pensamento e desenvolvimento profissional do professor de química. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7, Anais do VII Enpec. Florianópolis: UFSC, 2009.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposição curricular de química para o 2º Grau*. São Paulo: SE / CENP, 1977.

_____. Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Subsídios para a implementação da proposta curricular de Química para o segundo grau*; coord. Marcello de Moura Campos. São Paulo: SE / CENP / FUNBEC, v.3, 1979.

_____. Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposição curricular de química para o 2º Grau*. São Paulo: SE / CENP, 1986.

_____. Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposição curricular de química para o 2º Grau*. São Paulo: SE / CENP, 1988.

_____. Secretaria da Educação. *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias* / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luís Carlos Menezes. São Paulo: SE, 2012.

_____. Secretaria da Educação. *Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor; química, ensino médio, 2ª série* / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambo, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteado Lamas, Yvone Mussa Esperidão. v. 1, 144 p. São Paulo: SE, 2014.

_____. Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo*. 2008.

Disponível em:

http://www.rizomas.net/images/stories/artigos/Prop_QUI_COMP_red_md_20_03.pdf. Acesso em: 10 mar. 2017.

SAVIANI, D. *Escola e Democracia*. São Paulo: Cortez, 1984.

_____. *Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações*. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

SHULMAN, L. S. Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Revista de currículum y formación del profesorado*. v. 9, n. 2, p. 1-30, 2005.

_____. Those understand: Knoeledge growth in teaching. *Educational Research*. v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SOUZA, F. L. Grupo colaborativo e tutoria como estratégias de formação continuada para professores de química visando ao desenvolvimento profissional, 2016. Tese (Doutorado em Ensino de Química) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-15052017-150408/pt-br.php>. Acesso em: abr. 2017.

SÖZBILIER, M.; PINARBASI, T.; CANPOLAT, N. Proséctive Chemistry Teachers' Conceptions of Chemical Thermodynamics and Kinects. *Eurasia Journal of Matematics, Science Education*, v. 6, n. 2, p. 110-120, 2010.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. *Revista Brasileira em Educação*. n. 13, p. 5-24, 2000.

TAVARES, L. H. W. Analisando a autonomia do professor na nova Proposta Curricular do Estado de São Paulo para o Ensino de Química. *Ciência em tela*, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2009.

TEIXEIRA Jr., J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009.

TORRES, P. L.; ALCANTARA, P. R.; IRALA, E. A. F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Diálogo Educacional*. Curitiba, n. 13, v. 4, p. 129-145, 2004.

VAGULA, E. O Professor, seus Saberes e sua Identidade. *Revista Científica Faculdade Lourenço Filho*. v.4, n.1, 2005.

VAN DRIEL, J. H.; GRÄBER, W. The teaching and learning of chemical equilibrium. In: GILBERT et al. (Ed.). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Science & Technology Education Library, 2002, p. 271-292.

VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N.; DE VOS, W. Developing Science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 54, v. 3, p. 673-695, 1998.

VAN DRIEL, J. H.; DE VOS, W.; VERLOOP, N.; DEKKERS, H., Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: The introduction of chemical equilibrium, *Journal of Science Education*, v. 20, p. 379-392, 1998.

ZANON, D. A. V.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. O “saber” e o “saber fazer” necessários à atividade docente no ensino superior: visões de alunos de pós-graduação em Química. *Revista Ensaio*. v. 11, n. 1, p. 140-159, 2009.

ZOLLER, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS, *Journal of Chemical Education*, n. 10, v. 3, 195-197, 1993.

ZOTTI, S. A. As configurações do currículo oficial no Brasil no contexto da ditadura militar. In: *Congresso Brasileiro de História da Educação*, 3. Paraná: UNICAMP, UnC, 2004.

Disponível em:

<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe3/Documentos/Individ/Eixo3/213.pdf>. Acesso: 15 jun. 2017.

ANEXOS

Anexo A. Questões presentes nas Situações de Aprendizagem “*estudando o processo de eletrólise*” e “*como funcionam as pilhas*”.

Nome: _____

Situação de Aprendizagem 6: Estudando o processo da eletrólise

(2ªSérie / Volume 2)

Questões para análise do experimento 1

1. Você diria que houve transformação química decorrente da interação entre a palha de aço e a solução de CuSO_4 ? Explique.

2. Sabendo que a solução de CuSO_4 tem uma coloração azulada por causa dos íons Cu^{2+} , relacione as mudanças observadas na palha de aço com as que ocorrem na solução de CuSO_4 . Uma mudança pode explicar a outra? Como?

Questão para análise do experimento 2

1. Você diria que houve transformação química decorrente da interação entre as placas de cobre e a solução de CuSO_4 ? Por quê?

Questão para análise do experimento 3

1. Você diria que houve transformações químicas decorrentes da interação entre as placas de cobre e a solução de CuSO_4 quando o sistema foi submetido à passagem de corrente elétrica? Por quê?

2. Proponha uma explicação para o que ocorreu com a placa de cobre conectada ao polo negativo da fonte.

-
-
3. Descreva o que ocorreu com a placa de cobre conectada ao polo positivo da fonte.

-
-
4. Descreva o que ocorreu com a coloração da solução de CuSO_4 .

-
-
5. Tente escrever as equações químicas das transformações que ocorreram nas placas ligadas aos polos positivo e negativo da fonte

-
-
6. Defina cátodo e ânodo e identifique-os no esquema presente no Roteiro de Experimentação.

Situação de Aprendizagem 7: Como funcionam as pilhas

(2ªSérie / Volume 2)

Questões para análise do experimento

1. Ao terminar a parte 1 do experimento, foi observada alguma evidência de transformação química?

-
-
2. Para que o cartão musical toque, é necessária energia. Como ela foi obtida? Você diria que ocorreu transformação química durante a realização da Parte 2 do experimento? Explique.
-
-
-

3. Retome o texto lido na Situação de Aprendizagem 5 e tente explicar como a energia elétrica foi obtida

4. Compare os resultados obtidos na Parte 2 do experimento com o que você observou no experimento de eletrólise. Quais semelhanças e quais diferenças podem ser observadas?

Questões para sala de aula

1. Faça um desenho que represente os íons cobre na solução de CuSO_4 e os átomos de cobre metálico na placa. Discuta semelhanças e diferenças entre essas duas espécies.

2. Medindo a massa da placa de cobre antes do experimento e depois dele percebe-se que nela ocorre um aumento de massa. Com base nesse dado e na sua resposta à questão 1, você acredita que os íons se transformaram em cobre metálico ou o contrário? Represente essa transformação por meio de uma equação química. Justifique.

3. A reação que ocorreu na placa de cobre foi de redução ou de oxidação? Justifique.

4. Lembrando que é chamado de cátodo o eletrodo onde ocorre a reação de redução e de ânodo o eletrodo onde ocorre a reação de oxidação, a região da placa de cobre seria o cátodo ou o ânodo da pilha?

5. No experimento, o fio ligado à placa de cobre estava em contato com o polo positivo ou negativo da pilha?

6. Observando a placa de zinco antes e depois do experimento, você diria que ela sofreu aumento de massa ou desgaste? Justifique.

7. Qual a diferença entre Zn^{2+} e Zn ? Na placa de zinco, encontra-se qual das duas formas de zinco? E na solução de ZnSO_4 ?

8. Considerando que a massa da placa de zinco diminui após o funcionamento da pilha, você diria que o Zn^{2+} se transformou em Zn ou o contrário? Represente essa transformação por meio de uma equação química.

9. Na transformação considerada na questão anterior, o zinco perdeu ou ganhou elétrons? Ele sofreu redução ou oxidação? Justifique.

10. A região da placa de zinco seria o cátodo ou o ânodo da pilha? Justifique.

11. No experimento, o fio ligado à placa de zinco estava em contato com o polo positivo ou negativo da pilha?

Anexo B. Questionário sobre a utilização das situações de aprendizagem.

Nome: _____

**Situação de Aprendizagem 5: Aplicações das transformações químicas que ocorrem
com o envolvimento de eletricidade
(2ª Série / Volume 2)**

De acordo com a sua escolha, feita acima, responda **APENAS** às questões correspondentes a essa.

OPÇÃO A: USO

I. Por que utiliza?

II. Faz as atividades junto com os alunos? Sim () Não () Por que?

III. O que espera alcançar ao utilizar essa situação de aprendizagem em termos de:

(a) Conceitos: _____

(b) Habilidades: _____

(c) Relação CTSA: _____

IV. Você, ou seus alunos, sentem alguma dificuldade com relação aos conceitos presentes nessa Situação de Aprendizagem? Quais?

OPÇÃO B: NÃO USO

I. Quais os motivos que te levou a não utilizar essa situação de aprendizagem? (Pode ser assinalada mais de uma opção)

- ☐ Não concordo com a temática abordada
- ☐ Tenho dificuldade com o conteúdo específico
- ☐ Não tem laboratório na escola para realizar as atividades experimentais
- ☐ Já utilizei mais não obtive o retorno esperado
- ☐ Os alunos não se interessam por atividades nessa perspectiva
- ☐ Não sei como abordar o assunto tratado nessa situação de aprendizagem
- ☐ Outros: _____

II. Comente os motivos que o levou a não utilizar essa situação de aprendizagem?

III. Quais críticas você tem quanto a essa situação de aprendizagem?

OPÇÃO C: MODIFICO

I. O que você modifica nessa situação de aprendizagem? (Pode ser assinalada mais de uma opção)

- ☐ Textos
- ☐ Exercícios
- ☐ Temática
- ☐ Abordagem
- ☐ Experimentos
- ☐ Ordem em que aparece no caderno
- ☐ Outra : _____

II. Dê que forma você modifica?

III. Você utiliza algum outro recurso didático para fazer essa modificação? (Pode ser assinalada mais de uma opção)

- ☐ Livro didático
- ☐ Artigos de revista, jornal
- ☐ Internet (sites, blogs, etc.)
- ☐ Imagens
- ☐ Vídeos
- ☐ Experimentos
- ☐ Outro: _____
- ☐ Não utilizo outro recurso

OPÇÃO D: SUBSTITUO

I. Por qual atividade você faz essa substituição? Descreva esta atividade.

Anexo C. Lista de exercícios de Equilíbrio Químico.**Exercícios de Equilíbrio Químico**

1. A reação hipotética a seguir representa um equilíbrio a 25 °C: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$. No equilíbrio representado a concentração de C aumentou pela adição de mais C. Suponha que a temperatura permanece constante. O que pode ser dito a respeito do valor numérico da constante de equilíbrio?

- (a) Diminui
- (b) Aumenta
- (c) *Permanece inalterada*

Motivo

- (1) A rapidez da reação inversa aumenta e a rapidez da reação direta diminui
- (2) A rapidez da reação inversa aumenta e a rapidez da reação direta permanece a mesma
- (3) *A razão entre a concentração dos produtos e a concentração dos reagentes é constante em temperatura constante*
- (4) A concentração dos produtos aumenta

2. O calcário se decompõe para formar cal e dióxido de carbono: $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$. O que podemos dizer sobre o equilíbrio depois de removermos parte do sólido $CaCO_3$ da mistura?

- (a) Favorecerá a formação do reagente
- (b) *Não será modificado*
- (c) Não podemos prever

Motivo

- (1) A quantidade de $CaCO_3$ no sistema aumenta e um novo equilíbrio é estabelecido
- (2) *Porque o $CaCO_3$ é um sólido que removido não afetar o sistema*
- (3) CO_2 e CaO reagem para formar mais $CaCO_3$, de acordo com o princípio de Le Chatelier
- (4) Não se sabe a quantidade de $CaCO_3$ removido

3. Monóxido de carbono e hidrogênio reagem de acordo com a seguinte reação: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$. Quando 0,02 M de CO e 0,03 M de H_2 são introduzidos em um recipiente a 800 K e espera-se atingir o equilíbrio, o que podemos dizer sobre a rapidez das reações direta e inversa?

- (a) *As duas reações apresentam a mesma rapidez*
- (b) A rapidez da reação direta é maior que a inversa
- (c) A rapidez da reação inversa é maior que a direta

Motivo

- (1) A reação direta estará completa antes da reação inversa começar
- (2) *A rapidez das reações direta e inversa são iguais quando o sistema alcança o equilíbrio*
- (3) Com o passar do tempo, as concentrações dos produtos aumentam
- (4) No início, as concentrações dos reagentes são maiores que as concentrações dos produtos

4. Considere a reação reversível a seguir, que em estado de equilíbrio apresenta solução de cor azul.

O que iremos observar se adicionarmos água ao sistema?

- (a) *A solução tornará rosa*
- (b) A solução ficará mais azul
- (c) A solução permanecerá inalterada

Motivo

- (1) Para conter o aumento da quantidade de água, o sistema irá formar mais $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{+2}(\text{aq})$
- (2) Líquidos não são incluídos na expressão para a constante de equilíbrio e, consequentemente, a razão entre produtos e reagentes não será perturbada
- (3) A reação direta terá razão molar maior que a inversa
- (4) *Levando em consideração o quociente da reação Q , mais $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{+2}(\text{aq})$ será formado*

5. No primeiro passo do processo Ostwald para a síntese do ácido nítrico, a amônia é oxidada a ácido nítrico pela reação: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, $\Delta H = -905,6 \text{ KJ/mol}$.

Como a constante de equilíbrio poderá variar com o aumento da temperatura?

- (a) Aumentará
- (b) *Diminuirá*
- (c) Permanecerá a mesma

Motivo

- (1) O aumento da temperatura sempre aumenta o valor numérico da K_{eq}
- (2) Por ser uma reação exotérmica, a concentração dos produtos aumentará
- (3) *O aumento da temperatura irá favorecer a transformação endotérmica*
- (4) A reação ser endotérmica ou exotérmica não afetará a K_{eq}

6. Dióxido de enxofre e oxigênio reagem para formar trióxido de enxofre na seguinte reação: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, $\Delta H = -197,78 \text{ KJ/mol}$. O que nós podemos dizer sobre a rapidez da reação direta comparada com a rapidez da reação inversa, se um catalisador for adicionado ao sistema?

- (a) Aumentará
- (b) Diminuirá
- (c) *Permanecerá a mesma*

Motivo

- (1) O catalisador aumenta a colisão entre as partículas dos reagentes e mais produtos serão formados
- (2) *O catalisador diminui a energia de ativação das reações direta e inversa exatamente na mesma quantidade*
- (3) O catalisador afeta a razão das reações direta e inversa de forma diferente
- (4) Como mais produtos serão formados, a reação direta é acelerada

7. O equilíbrio entre os gases dióxido de enxofre, oxigênio e trióxido de enxofre é a seguinte: $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$. Se a reação começa com as concentrações de 0,02 M de SO_2 , 0,01 M de O_2 e 0,00 M de SO_3 , e alcança o equilíbrio à temperatura constante, o que nós podemos dizer sobre as concentrações de equilíbrio dos gases SO_2 e O_2 ?

- (a) *Diminuirá*
- (b) *Irá torna-se zero*
- (c) *Permanecerá a mesma*

Motivo

- (1) As reações de equilíbrio continuam até que todos os reagentes se esgotem
- (2) As concentrações são constantes porque não ocorre reação no equilíbrio
- (3) *Com o passar do tempo, os reagentes são transformados, diminuindo suas concentrações*
- (4) Esse sistema não atinge o equilíbrio porque não existe SO_3 no início

8. Suponha que 0,30 mol de PCl_5 foram colocados em um frasco de 1000 mL de volume até que seus produtos de decomposição atingissem o equilíbrio à 250°C , com $K_{\text{eq}} = 1,8$: $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$. O que nós podemos dizer sobre as concentrações dos gases PCl_3 e Cl_2 no equilíbrio?

- (a) Ficarà maior que 0,30 M
- (b) *Ficarà menor que 0,30 M*
- (c) Ficarà igual a 0,30 M

Motivo

- (1) No equilíbrio as concentrações de todas as espécies serão iguais
- (2) Todo PCl_5 se transformará em produto
- (3) *O PCl_5 não se decompõe 100% para produzir PCl_3 e Cl_2*
- (4) Porque o total de mol dos produtos é maior que o dos reagentes

9. Carbonato de cálcio se decompõe para formar cálcio e dióxido de carbono de acordo com a equação: $\text{CaCO}_{3(s)} + \text{energia} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$. Depois que o sistema atinge o equilíbrio, em um recipiente fechado, uma quantidade extra do sólido CaCO_3 é adicionado na mistura do sistema. O que devemos esperar da concentração do dióxido de carbono depois da adição?

- (a) Aumentará
- (b) Diminuirá
- (c) *Permanecerá a mesma*

Motivo

- (1) Aumentando a quantidade de $\text{CaCO}_{3(s)}$ haverá maior dissolução dos íons para produzi-lo
- (2) Porque o $\text{CaCO}_{3(s)}$ é adicionado aos reagentes, então o equilíbrio será deslocado no sentido dos produtos
- (3) Porque $\text{CaCO}_{3(s)}$ é adicionado aos reagentes, então o equilíbrio será deslocado no sentido dos reagentes
- (4) *A adição ou a remoção de um sólido não afeta o equilíbrio.*

10. O monóxido de carbono reage com o oxigênio para formar dióxido de carbono, de acordo com a seguinte reação: $2\text{CO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{2(g)}$, $\Delta H = -566 \text{ KJ/mol}$. Suponha que você tenha em um frasco a mistura em equilíbrio com $[\text{CO}] = 0,30 \text{ M}$, $[\text{O}_2] = 0,20 \text{ M}$, $[\text{CO}_2] = 0,25 \text{ M}$. O que irá acontecer com a concentração de CO_2 se um catalisador for adicionado na mistura em equilíbrio?

- (a) Será maior que 0,25
- (b) Será menor que 0,25
- (c) *Será igual a 0,25*

Motivo

- (1) Um catalisador aumenta a rapidez da reação direta, aumentando as colisões entre as partículas dos reagentes, resultando em mais produtos
- (2) As quantidades de reagentes e produtos irão aumentar
- (3) *Um catalisador não afeta a composição da mistura no equilíbrio*
- (4) Porque o catalisador diminui a energia de ativação, mais reagentes se tornarão produtos

11. Considere a reação entre os gases hidrogênio e iodo: $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$. Suponha que nós temos uma mistura de $\text{H}_{2(g)}$ e $\text{I}_{2(g)}$ à 700 K com as concentrações iniciais $[\text{H}_2] = 0,1 \text{ M}$ e $[\text{I}_2] = 0,2 \text{ M}$. Quando o sistema alcança o equilíbrio, o valor numérico da constante de equilíbrio é $K_{eq} = 57,0$. Se a concentração inicial fosse 0,3 M de H_2 e 0,3 M de I_2 , o que poderíamos dizer sobre o valor numérico de K_{eq} quando o sistema atingisse o equilíbrio?

- (a) Seria maior que 57
- (b) Seria menor que 57

(c) *Permanecerá o mesmo*

Motivo

- (1) Um aumento na concentração dos reagentes aumenta a concentração dos produtos
- (2) O valor numérico de K_{eq} não depende da concentração inicial dos reagentes
- (3) O valor numérico de K_{eq} muda com a quantidade de reagentes presentes
- (4) Porque mais produto será formado e o valor numérico da constante de equilíbrio irá mudar na mesma razão

12. Suponha uma solução 0,5 M de dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) representado pelo equilíbrio a seguir:

Se você adicionar 10 mL de uma solução de dicromato de sódio 0,5M na solução original, o que você irá observar?

- (a) A solução ficará amarela
- (b) A solução ficará mais laranja
- (c) A solução não mudará

Motivo

- (1) Para compensar o aumento da quantidade de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ no sistema, será formado mais CrO_4^{2-}
- (2) Haverá mais colisões entre as partículas de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ e H_2O
- (3) Não haverá mudança na concentração de nenhuma espécie
- (4) Porque com o aumento de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ Q será maior que K_{eq}

13. Considere a reação reversível a seguir, que se encontra no equilíbrio:

Se a temperatura do sistema aumenta, o equilíbrio:

- (a) Será favorecido para a esquerda
- (b) Será favorecido para a direita
- (c) Permanecerá inalterado

Motivo

- (1) Quando a temperatura aumenta, mais produtos são formados
- (2) Se a temperatura aumenta mais reagentes são formados
- (3) Quando a temperatura muda, a reação ser endotérmica ou exotérmica não afeta a direção do equilíbrio
- (4) Mudança da temperatura não afeta o sistema que está em equilíbrio

APÊNDICES

Apêndice A. Termo de autorização.**Termo de autorização**

Eu _____, RG _____, participante do Grupo Colaborativo de Professores de Química, coordenado pela pesquisadora Naãma Cristina Negri Vaciloto, como parte de sua pesquisa de mestrado junto ao Programa Interunidades em Ensino de Ciências (Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação) da Universidade de São Paulo, sobre a orientação da Prof^a Dr^a Maria Eunice Ribeiro Marcondes, autorizo, gratuita e espontaneamente, a utilização de minhas gravações de áudio e vídeo e todo material produzido durante os encontros do grupo para as finalidades descritas a seguir:

- Publicação em dissertação de mestrado
- Publicação em revistas científicas
- Exposição em congressos científicos

A utilização deste material não gera nenhum compromisso de ressarcimento, a qualquer preceito, por parte do pesquisador. Todo o trabalho realizado torna-se uma informação confidencial, guardada por força do sigilo profissional.

São Paulo, 15 de Fevereiro de 2014

Assinatura

Apêndice B. Roteiro das entrevistas.**ENTREVISTA**

Nós vamos começar, agora, uma conversa, um bate-papo. Onde eu vou fazer algumas perguntas para você, mas você também poderá fazer pra mim. Nesta conversa, estou interessada em conhecer as ideias que você tem de currículo e conhecer um pouco da sua prática de ensino.

Eu trouxe aqui uma lista dos itens presentes no currículo, que você deve ensinar aos seus alunos.

1) *Desses conteúdos, você aborda todos ou deixa algum de lado?*

2) *Qual deles você sente maior facilidade e qual você sente maior dificuldade em ensinar?*

3) *A que você atribui essa facilidade ou dificuldade em ensinar?*

Há conteúdos de química que a gente tem mais familiaridade, que gostamos mais, que tivemos mais base na graduação e outros menos.

4) *Que conteúdos você tem menos familiaridade, tem menos base, gosta menos...?*

5) *E isso influencia o ensino?*

6) *Você aborda esses conteúdos? Como você faz?*

Vocês, professores do Estado, contam com esse material (Cadernos do aluno e do professor). Vamos analisar as partes que tratam os conteúdos que você diz ter maior facilidade e dificuldade em ensinar.

7) *Você segue essa orientação? Faz alguma modificação?*

8) *Com relação às questões para os alunos, você conhece? Aplica? Acha fácil? Acha difícil? Usa outras questões? Qual a fonte?*

Apêndice C. Conteúdos presentes no currículo de química do Estado de São Paulo.

NOME: _____

Nas tabelas abaixo encontram-se os conteúdos presentes no Currículo de Química do Estado de São Paulo e que devem ser estudados pelos alunos durante os três anos do Ensino Médio. Leia com atenção cada um desses itens e assinale com X um dos espaços ao lado esquerdo da tabela:

- Assinale a opção FÁCIL quando você não apresentar dificuldades conceituais com relação ao conteúdo;
- Assinale a opção DIFÍCIL quando você apresentar dificuldades conceituais que o impeça de abordar o conteúdo em suas aulas;
- Assinale a opção TENHO ALGUMAS DIFICULDADES quando tiver alguma dificuldade conceitual, porém essa dificuldade não o impeça de abordar o conteúdo em suas aulas.

Conteúdos da Primeira Série do Ensino Médio	Fácil	Difícil (não abordo)	Tenho algumas dificuldades
Primeiro Bimestre			
1.Descrição das transformações em diferentes linguagens e representações			
2.Diferentes intervalos de tempo para a ocorrência das transformações			
3.Reações endotérmicas e exotérmicas			
4.Transformações que ocorrem na natureza e em diferentes sistemas produtivos			
5.Transformações que podem ser revertidas			
6.Propriedades das substâncias (temperatura de fusão e de ebulição, densidade, solubilidade)			
7.Separação de substâncias (filtração, flotação, destilação, sublimação, recristalização)			
8.Métodos de separação no sistema produtivo			
Segundo Bimestre			
9.Conservação da massa e proporção entre as massas de reagentes e produtos nas transformações químicas			
10.Relação entre massas de reagentes e produtos e a energia nas transformações químicas			
11.Formação de ácidos e outras implicações socioambientais da produção e do uso de diferentes combustíveis			

12. Conceitos de átomo e de elemento segundo Dalton			
13. Suas ideias para explicar transformações e relações de massa			
14. Modelos explicativos como construções humanas em diferentes contextos sociais			
Terceiro Bimestre			
15. Transformações químicas na produção de ferro e de cobre			
16. Símbolos dos elementos e equações químicas			
17. Balanceamento das equações químicas			
18. Organização dos elementos de acordo com suas massas atômicas na tabela periódica			
19. Equações químicas dos processos de produção de ferro e de cobre			
20. Importância do ferro e do cobre na sociedade atual			
Quarto Bimestre			
21. Massa molar e quantidade de matéria (mol)			
22. Cálculo estequiométrico (massas, quantidades de matéria e energia nas transformações)			
23. Cálculo estequiométrico na produção do ferro e do cobre			
24. Impactos socioambientais na extração mineral e na produção do ferro e do cobre			
Conteúdos da Segunda Série do Ensino Médio	Fácil	Difícil (não abordo)	Tenho algumas dificuldades
Primeiro Bimestre			
1. Concentração de soluções em massa e em quantidade de matéria (g.L^{-1} , mol.L^{-1} , ppm, % em massa)			
2. Alguns parâmetros de qualidade da água (concentração de materiais dissolvidos)			
3. Relações quantitativas de massa e de quantidade de matéria (mol) nas transformações químicas em solução, de acordo com suas concentrações			
4. Determinação da quantidade de oxigênio dissolvido nas águas (DBO)			
5. Uso e preservação da água no mundo			
6. Fontes causadoras da poluição da água			
7. Tratamento de água por filtração, flotação, cloração e correção de pH			
Segundo Bimestre			
8. Condutibilidade elétrica e radiatividade natural dos elementos			
9. O modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais			
10. O modelo de Bohr e a constituição da matéria			

11.O uso do número atômico como critério para organizar a tabela periódica			
12.Ligações químicas em termos de forças elétricas de atração e repulsão			
13.Transformações químicas como resultantes de quebra e formação de ligações			
14.Previsões sobre tipos de ligação dos elementos a partir da posição na tabela periódica			
15.Cálculo da entalpia de reação pelo balanço energético resultante da formação e ruptura de ligações			
16.Diagramas de energia em transformações endotérmicas e exotérmicas			
Terceiro Bimestre			
17.Polaridade das ligações covalentes e das moléculas			
18.Forças de interação entre as partículas (átomos, íons e moléculas) nos estados sólido, líquido e gasoso			
19.Interações inter e intrapartículas para explicar as propriedades das substâncias, como temperatura de fusão e de ebulição, solubilidade e condutibilidade elétrica			
20.Dependência da temperatura de ebulição dos materiais com a pressão atmosférica			
Quarto Bimestre			
21.Reatividade dos metais em reações com ácidos e íons metálicos			
22.Transformações que envolvem energia elétrica (processos de oxidação e de redução)			
23.As ideias de estrutura da matéria para explicar oxidação e redução			
24.Transformações químicas na geração industrial de energia			
25.Implicações socioambientais das transformações químicas que envolvem eletricidade			
26.Diferentes usos sociais dos metais			
Conteúdos da Terceira Série do Ensino Médio	Fácil	Difícil (não abordo)	Tenho algumas dificuldades
Primeiro Bimestre			
1.Liquefação e destilação fracionada do ar para obtenção de matérias-primas (oxigênio, nitrogênio e gases nobres)			
2.Variáveis que podem interferir na rapidez das transformações (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação e catalisador)			
3.Modelos explicativos da velocidade das transformações químicas			

4.Estado de equilíbrio químico			
5.Processos químicos em sistemas naturais e produtivos que utilizam nitrogênio (avaliação de produção, consumo e utilização social)			
Segundo Bimestre			
6.Composição das águas naturais			
7.Processos industriais que permitem a obtenção de produtos a partir da água do mar			
8.Acidez e basicidade das águas e alguns de seus efeitos no meio natural e no sistema produtivo			
9.Conceito de dissociação iônica e de ionização e a extensão das transformações químicas (equilíbrio químico)			
10.Constante de equilíbrio para expressar a relação entre as concentrações de reagentes e produtos numa transformação química			
11.Influência da temperatura, da concentração e da pressão em sistemas em equilíbrio químico			
12.Equilíbrios químicos envolvidos no sistema $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ na natureza			
13.Transformações ácido-base e sua utilização no controle do pH de soluções aquosas			
Terceiro Bimestre			
14.Os componentes principais dos alimentos (carboidratos, lipídios e proteínas), suas propriedades e funções no organismo			
15.Biomassa como fonte de materiais combustíveis			
16.Arranjos atômicos e moleculares para explicar a formação de cadeias, ligações, funções orgânicas e isomeria			
17.Processos de transformação do petróleo, carvão mineral e gás natural em materiais e substâncias utilizados no sistema produtivo (refino do petróleo, destilação seca do carvão e purificação do gás)			
18.Produção e uso social dos combustíveis fósseis			
Quarto Bimestre			
19.Desequilíbrios ambientais pela introdução de gases na atmosfera, como SO_2 , CO_2 , NO_2 e outros óxidos de nitrogênio			
20.Chuva ácida, aumento do efeito estufa e redução da camada de ozônio (causas e consequências)			
21.Poluição das águas por detergentes, praguicidas, metais pesados e outras causas, e contaminação por agentes patogênicos			

22.Perturbações na biosfera por pragas, desmatamentos, uso de combustíveis fósseis, indústrias, rupturas das teias alimentares e outras causas			
23.Ciclos da água, do nitrogênio, do oxigênio e do gás carbônico e suas inter-relações			
24.Impactos ambientais na óptica do desenvolvimento sustentável			
25.Ações corretivas e preventivas e busca de alternativas para a sobrevivência no planeta			

Apêndice D. Questionário para reflexão acerca dos experimentos de Pilha e Eletrólise.

NOME: _____

ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS

Com relação ao experimento A sobre Galvanização – cobreação. Responda:

1. Você utilizaria este experimento em suas aulas?

() Sim

() Não

2. Você considera este experimento fácil de ser realizado em sala de aula ou considera que seus alunos teriam alguma dificuldade? Quais dificuldades?

3. Você sentiu alguma dificuldade ao realizar e entender este experimento? Se sim, quais?

Com relação ao experimento B sobre Pilha de Daniell. Responda:

4. Você utilizaria este experimento em suas aulas?

() Sim

() Não

5. Você considera este experimento fácil de ser realizado em sala de aula ou considera que seus alunos teriam alguma dificuldade? Quais dificuldades?

6. Você sentiu alguma dificuldade ao realizar e entender este experimento? Se sim, quais?

Apêndice E. Avaliação dos encontros sobre eletroquímica.

Nome: _____

ELETROQUÍMICA

1. Os encontros em que estudamos eletroquímica permitiram aprofundar conceitos que antes você tinha dificuldade?

() Sim

() Não

2. Quais conceitos você percebeu que conseguiu aprofundar ao participar dos encontros?

3. Você tem alguma dúvida com relação aos conceitos estudados e que gostaria de revisar? Quais?

4. Você pretende utilizar as Situações de Aprendizagem relacionadas à eletroquímica com seus alunos?

() Sim

() Não

5. Caso pretenda abordar o conteúdo de eletroquímica, gostaria de alguma tutoria (auxílio) das coordenadoras do grupo durante as aulas?

Apêndice F. Elaboração de uma sequência para o ensino de eletroquímica.

Nome: _____

SEQUÊNCIA DE ENSINO DE ELETROQUÍMICA**Parte 1**

Depois de revisar alguns conceitos de eletroquímica, realizar experimentos relacionados a este conteúdo e discutir as facilidades e dificuldades encontradas no ensino deste, elabore uma sequência que você considera adequada para abordar com seus alunos.

Neste momento não será necessário colocar os recursos utilizados, nem as atividades a serem feitas, apenas a sequência em que irá trabalhar os conceitos, as habilidades que você espera que seu aluno alcance ao estudar cada conceito e a quantidade de aulas necessárias

Conceitos que irei abordar	Habilidades a serem desenvolvidas

Parte 2

Com base no planejamento proposto anteriormente, elabore um plano para a primeira aula. Para isso, pense no contexto ao qual você está inserido, as limitações presentes na sua escola, os recursos que você dispõe e o perfil de seus alunos.

Apêndice G. Questionário sobre a utilização das situações de aprendizagem relacionadas à Equilíbrio Químico.

Nome: _____

EQUILÍBRIO QUÍMICO – Situações de Aprendizagem

O tema equilíbrio químico está presente no Volume 1 do Caderno de Apoio da 3ª Série. A tabela a seguir relaciona todas as Situações de Aprendizagem desse volume com seus respectivos conteúdos abordados:

Situação de Aprendizagem	Conteúdos abordados
1. A atmosfera pode ser considerada uma fonte de materiais úteis para o ser humano?	Composição média do ar atmosférico; destilação fracionada do ar atmosférico; usos do oxigênio, nitrogênio e gases nobres
2. <i>Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio</i>	Síntese da amônia, influência da pressão e da temperatura nas transformações químicas, transformações químicas reversíveis que não se completam e entram em equilíbrio
3. É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre?	Variações que influenciam na velocidade de uma reação química (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação, catalisador)
4. Como utilizar modelos microscópios para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas?	Modelos explicativos para compreender a velocidade das transformações químicas
5. Composição das águas naturais e usos da água doce	Distribuição de água no planeta e características da água doce
6. <i>Entendendo a escala de pH</i>	Definição de pH; condutibilidade elétrica, auto ionização da água; produto iônico da água; conceito de equilíbrio químico; acidificação e alcalinização da água, neutralização entre ácidos e bases fortes
7. <i>Como saber as quantidades de produtos e de reagentes que coexistem em equilíbrio químico?</i>	Dissolução de ácidos e bases em água; conceito de Arrhenius; Constante de equilíbrio (construção de sua expressão e relação com a extensão de uma transformação); Força de ácidos e bases
8. <i>Influência das variações de temperatura e pressão em sistemas em equilíbrio químico</i>	Perturbações do estado de equilíbrio químico provocadas por mudanças de temperatura e pressão
9. <i>Como o ser humano usa a água do mar para a sua sobrevivência?</i>	Obtenção de produtos a partir da água do mar; perturbação de equilíbrios químicos por mudanças nas concentrações; conceitos retomados: solubilidade e constante de solubilidade, eletrólise

1. Com relação a esse volume do Caderno de Orientação, assinale uma opção:

- () abordo exatamente dessa maneira
- () trato cada tema separadamente: pH; cinética química; equilíbrio químico
- () outro

2. O tema equilíbrio químico é abordado, principalmente, por meio de cinco Situações de Aprendizagem (S.A.), sendo elas identificadas na tabela anterior pela fonte em *itálico*. Com relação a essas cinco S.A., responda:

S.A	Uso	Não uso	Incluo alguns conceitos ou atividades. Quais?	Elimino alguns conceitos ou atividades. Quais?
2				
6				
7				
8				
9				

3. O que você trata em sala de aula sobre o equilíbrio químico e como você faz?

[illegible]

Apêndice I. Avaliação final do grupo colaborativo realizada pelos professores participantes.

Nome: _____

Avaliação Final do Grupo

Nesse segundo semestre, escolhemos alguns conteúdos químicos presentes no Currículo de Química do Estado de São Paulo para discutir em nosso grupo colaborativo. Tais conteúdos foram: Eletroquímica, Equilíbrio Químico e Cinética Química. Para cada um desses conteúdos, discuta sobre:

- I. as dificuldades que você apresentava e que foram superadas com as discussões do grupo
- II. as dificuldades que ainda apresenta e que gostaria de voltar a discutir
- III. a contribuição das discussões para a sua prática em sala de aula

Numere 1 para eletroquímica, 2 para equilíbrio químico e 3 para cinética química.

Apêndice J. Carta ao validador.

Este instrumento faz parte de um trabalho de mestrado cujo objetivo é identificar dificuldades conceituais e didáticas de professores de química da rede pública de ensino, no que se refere aos conteúdos prescritos no currículo estadual, e as relações entre seus conhecimentos específicos e as estratégias de ensino adotadas por esses professores.

A coleta de informações aconteceu durante um ano, em encontros quinzenais realizados na Universidade de São Paulo, com o intuito de promover discussões sobre o currículo de Química e os cadernos de orientação fornecidos pela Secretária de Educação do Estado, material utilizado pelos professores participantes dos encontros.

Durante esses encontros, os professores manifestaram maiores dificuldades em três conteúdos: Cinética Química, Equilíbrio Químico e Eletroquímica. Sabendo disso, nossas discussões pautaram-se em torno desses conteúdos.

Para identificar os pontos de dificuldades em cada conteúdo, os mesmos foram divididos em áreas e foram criadas categorias de nível de compreensão conceitual, sendo elas: adequada, incipiente, insuficiente e inadequada. A descrição de cada categoria foi baseada nas respostas dos professores em atividades ou declarações durante entrevistas e discussões, indo de respostas cientificamente aceitas até respostas conceitualmente equivocadas.

A categoria *compreensão conceitual adequada*, muitas vezes não atingida pelos professores, foi elaborada com base em livros de Química Geral e Físico Química do ensino superior. Porém, aspectos termodinâmicos, por exemplo, não foram apontados por exigirem nível de aprofundamento conceitual não manifestado e não exigido no currículo para o ensino médio.

Peço, por gentileza, sua colaboração na leitura das categorias, considerando sua adequação aos conceitos descritos. Estarei à disposição para esclarecer eventuais dúvidas.

Agradeço a colaboração
Naãma Cristina Negri Vaciloto
naamanegri@gmail.com