

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

CAROLINE MARIAE PEREIRA

EQUILÍBRIO QUÍMICO EM LÂMPADAS HALÓGENAS: CONTRIBUIÇÕES DE UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Alfenas/MG

2018

CAROLINE MARIAE PEREIRA

EQUILÍBRIO QUÍMICO EM LÂMPADAS HALÓGENAS: CONTRIBUIÇÕES DE UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal de Alfenas, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Educação. Área de concentração: Educação.  
Orientadora: Keila Bossolani Kiill

Alfenas/MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

P436e Pereira, Caroline Mariae.  
Equilíbrio químico em lâmpadas halógenas: contribuições de uma  
sequência didática. / Caroline Mariae Pereira – Alfenas/MG, 2018.  
123 f.: il. --

Orientadora: Keila Bossolani Kiill.  
Tese (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Alfenas,  
2018.

Bibliografia.

1. Química (Ensino médio). 2. Aprendizagem ativa. 3. Equilíbrio  
químico. I. Kiill, Keila Bossolani . II. Título.

CDD-540.07

CAROLINE MARIAE PEREIRA


“EQUILÍBRIO QUÍMICO EM LÂMPADAS HALÓGENAS: CONTRIBUIÇÕES DE  
UMA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA”

A Banca Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Dissertação apresentada como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestra em  
Educação pela Universidade Federal de Alfenas.  
Área de concentração: Fundamentos da  
Educação e Práticas Educacionais.

Aprovado em: 28/06/2018

Profa. Dra. Keila Bossolani Kiill

Instituição: Universidade Federal de Alfenas –  
UNIFAL-MG

Assinatura: 

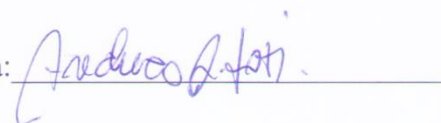
Prof. Dr. Ricardo Castro de Oliveira

Instituição: Instituto Federal de São Paulo – IFSP

Assinatura: 

Prof. Dr. Frederico Augusto Toti

Instituição: Universidade Federal de Alfenas –  
UNIFAL-MG

Assinatura: 

PEREIRA, C. M. **Equilíbrio químico em lâmpadas halógenas: contribuições de uma sequência didática**. 2018. 122f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018.

## RESUMO

Esta investigação tem como objetivo compreender a contribuição de uma sequência didática, planejada sob a temática “lâmpadas halógenas”, para a aprendizagem do conceito de equilíbrio químico pelos alunos do segundo ano de uma escola pública do município de Alfenas, localizado no sul de Minas Gerais. Para isso buscou-se compreender de que maneira os professores de Química participantes desta pesquisa ensinam o conceito de equilíbrio químico, quais as suas dificuldades para ensinar e para os alunos aprender. Para construir a sequência didática utilizaram-se das entrevistas com os professores e também as sequências presentes nos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, do ano 2015, adotados pelos professores de Química. Em um primeiro momento a pesquisa foi desenvolvida com (4) quatro professores de Química da rede pública de ensino, em três escolas estaduais, nesta etapa realizaram-se entrevistas que possibilitaram entender como eles ensinam o conceito de equilíbrio químico. Após a transcrição e análise das entrevistas construiu-se em colaboração com esses professores uma proposta de sequência didática para ensinar este conceito, levando em consideração seus apontamentos e também a estrutura oferecida pelas escolas públicas do município. Para a aplicação e validação da sequência foi trabalhado primeiramente em um projeto piloto, com (33) trinta e três alunos de uma turma do segundo ano do ensino médio. Após aplicação do projeto piloto, foi possível perceber que seriam necessárias algumas alterações na sequência, de forma que os alunos conseguissem compreender melhor as questões relacionadas às reações reversíveis e a dinamicidade de sistemas em equilíbrio químico. Depois de realizadas estas alterações a sequência foi implementada em outras (10) dez turmas de segundo ano do ensino médio em (2) duas escolas participantes. Para coleta de dados utilizou-se questionários semiestruturados, diário de campo e gravação audiovisual, sendo os dados foram analisados de acordo com as técnicas de análise de conteúdo de Bardin (2016). Como referencial teórico para aprendizagem considerou-se a abordagem construtivista e o modelo de sequência didática foi baseado em Teaching-Learning Sequence, em estudos feitos por Mehéut, a qual propõe sequências curtas de ensino de forma que possam ser analisadas à luz da teoria de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Química. Sequência de ensino e aprendizagem. Equilíbrio químico.

## ABSTRACT

This research aims to understand the contribution of a didactic sequence, planned under the theme "halogen lamps", to learn the concept of chemical equilibrium by students of the second year of a public school in the city of Alfenas, located in the south of Minas Gerais. In order to do so, we sought to understand how the chemistry teachers participating in this research teach the concept of chemical equilibrium, what its difficulties are in teaching and in order to learn. In order to construct the didactic sequence, we used the interviews with the teachers and also the sequences present in the didactic books approved in the National Program of the Didactic Book for High School, of the year 2015, adopted by the professors of Chemistry. In a first moment the research was developed with (4) four teachers of Chemistry, in three state schools, the interviews were carried out at this stage that allowed them to understand how they teach the concept of chemical equilibrium. After the transcription and analysis of the interviews, a proposal of a didactic sequence to teach this concept was constructed in collaboration with these teachers, taking into account their notes and also the structure offered by the public schools of the city. For the application and validation of the sequence was first worked on a pilot project, with (33) thirty-three students from a second year high school class. After applying the pilot project, it was realized that some changes would be necessary in the sequence, so that the students could better understand the issues related to the reversible reactions and the dynamicity of systems in chemical equilibrium. After these changes were made the sequence was implemented in other (10) ten classes of second year of high school in (2) two participating schools. For data collection, semi-structured questionnaires, field diaries and audiovisual recording were used, and data were analyzed according to Bardin content analysis techniques. As a theoretical reference for learning the constructivist approach was considered and the didactic sequence model was based on Teaching-Learning Sequence, in studies done by Mehéut, which proposes short teaching sequences in a way that can be analyzed according to the learning theory .

Keywords: Chemistry teaching. Teaching-learning sequence. Chemical equilibrium.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BNCC** – Base Nacional Comum Curricular.
- CBC** – Currículo Básico Comum.
- CTS** – Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- CTSA** – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
- EQ** – Equilíbrio Químico.
- LD** – Livro Didático.
- PNLD** – Programa Nacional do Livro e do Material Didático.
- SD** – Sequência Didática.
- TLS** – Teaching-Learning Sequence.

## SUMÁRIO

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>8</b>   |
| <b>2</b> | <b>PROBLEMA DE PESQUISA .....</b>  | <b>14</b>  |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>  | <b>15</b>  |
| 3.1      | OBJETIVO GERAL .....   | 15         |
| 3.1      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....   | 15         |
| <b>4</b> | <b>CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE .....</b>   | <b>17</b>  |
| 4.1      | O ENSINO CONTEXTUALIZADO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM.....                 | 17         |
| <b>5</b> | <b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>   | <b>21</b>  |
| 5.1      | SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM (TEACHING LEARNING SEQUENCE) .....                 | 21         |
| <b>6</b> | <b>O CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO.....</b>   | <b>26</b>  |
| 6.1      | EQUILÍBRIO MÓVEL .....   | 28         |
| 6.2      | ACRÉSCIMO DA TEMPERATURA.....  | 28         |
| 6.3      | INFLUÊNCIA DA PRESSÃO .....  | 29         |
| 6.4      | ADIÇÃO DE UM COMPONENTE ATIVO.....   | 29         |
| 6.5      | EQUILÍBRIO EM LÂMPADAS HALÓGENAS .....   | 29         |
| <b>7</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>   | <b>33</b>  |
| 7.1      | CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS COLABORADORES DA PESQUISA .....                            | 33         |
| 7.2      | INSTRUMENTOS DE COLETA DE INFORMAÇÕES .....  | 34         |
| 7.3      | DESCRIÇÃO DA PESQUISA .....  | 41         |
| 7.4      | DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....   | 47         |
| 7.5      | INSTRUMENTOS DE ANÁLISE .....  | 51         |
| <b>8</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>55</b>  |
| 8.1      | VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....   | 55         |
| 8.1.1    | Contribuição dos professores para a construção da SD .....                             | 56         |
| 8.1.2    | Quais as dificuldades enfrentadas pelos professores para ensinar equilíbrio químico?.. | 64         |
| 8.1.3    | Análise dos livros-texto e a contribuição para construir uma SD .....                  | 66         |
| 8.1.4    | Análise do questionário I: Turma - Piloto.....   | 72         |
| 8.1.5    | Análise do questionário II - Turma-Piloto .....  | 77         |
| 8.2      | CONTRIBUIÇÕES DA SD PARA APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO .....          | 81         |
| 8.2.1    | Dimensão epistêmica .....  | 84         |
| 8.2.2    | Dimensão psicocognitiva .....  | 85         |
| 8.2.3    | Análise do questionário I: Turma - Alvo .....  | 102        |
| 8.2.4    | Análise do questionário II - Turma-Alvo.....   | 108        |
| <b>9</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>115</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>116</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho aqui apresentado se refere à dissertação de mestrado intitulada *Equilíbrio químico em lâmpadas halógenas: contribuições de uma sequência didática*, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal de Alfenas, contando com o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Essa investigação foi realizada no período de 2016 a 2017, sob a orientação da professora Dra. Keila Bossolani Kiill.

Licenciada no curso de Química, pela Universidade Federal de Alfenas, destaco que a motivação para este tema surgiu ao participar em programas e projetos da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG, como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID e o Programa de Formação de Professores de Química – ProFoQui, em que pude verificar que o conteúdo de equilíbrio químico, muitas vezes, era abordado de forma superficial e com pouca relação com o cotidiano dos alunos, constatado na literatura que este tipo de abordagem pode ocasionar uma aprendizagem conceitual com lacunas. Ao iniciar a graduação não tinha certeza da escolha pela Licenciatura em Química. Muitas vezes, pensei em mudar de curso, porém, ao me envolver em projetos como o PIBID e o PROFOQUI, tive a oportunidade de estar mais próxima dos professores de Química e pude perceber como estes projetos impactavam na aprendizagem dos alunos, e na motivação deles para realizarem as atividades propostas. Portanto, foi só à partir da minha vivência durante a participação como bolsista nos projetos que optei pela licenciatura e pela pesquisa na área de ensino de Química.

A participação nestes projetos também me possibilitou o contato com uma literatura mais aprofundada sobre o ensino de Química, principalmente na perspectiva da pesquisa; e pude conhecer diferentes propostas de sequências de ensino que tinham como pressuposto uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) dos conteúdos. Estas experiências possibilitaram refletir sobre a proposta de pesquisa realizada no mestrado.

Desta forma, nesta pesquisa, buscou-se investigar as contribuições da implementação de uma sequência didática (SD) para a aprendizagem do conceito<sup>1</sup> de equilíbrio químico (EQ).

---

<sup>1</sup> Conceitos podem ser definidos como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem características específicas comuns podendo ser designado por um signo ou símbolo. Estas características apesar de específicas podem ser generalizadas para uma mesma categoria (AUSUBEL, 2000).

Este trabalho se constitui de uma introdução aos referenciais teóricos, no qual, buscou-se primeiramente discutir o que se entende pela relação CTS, utilizando-se de teóricos que ajudam a compreender esta relação e o uso desta vertente no ensino de Química e nos currículos das escolas. Em seguida apresentou-se o que se considera por sequência didática, quais os referenciais adotados para planejar, desenvolver e validar estas sequências de ensino. Posteriormente discute-se o que se entende por aprendizagem, e qual referencial utilizado para avaliar se os alunos aprenderam o conceito. O capítulo relacionado ao conteúdo químico constitui-se de uma breve introdução explicando os parâmetros termodinâmicos e cinéticos que auxiliaram na análise e planejamento da sequência de conteúdos adotada. No capítulo em que se abordam os aspectos metodológicos apresenta-se a questão de pesquisa, os objetivos: geral e específicos, o tipo de abordagem metodológica, caracterização dos sujeitos, instrumentos para coletas de dados, procedimento para desenvolvimento da pesquisa e elaboração do material didático. Em seguida o capítulo de análise das informações e apresentação dos resultados e discussões, constitui-se da análise das entrevistas e dos questionários aplicados aos alunos, e por último as considerações finais.

Ao analisar os documentos oficiais que norteiam o planejamento e o ensino no Estado de Minas Gerais, identificou-se que no Conteúdo Básico Comum (CBC) de Química para o Ensino Médio (2013), um dos tópicos previstos para o ensino é “Identificar que fatores afetam o equilíbrio e usar o princípio de Le Chatelier”, sendo necessário que os alunos aprendam o conceito de equilíbrio químico de forma que possam analisar situações reais utilizando como ferramentas os conceitos aprendidos.

Este conceito é considerado por diferentes autores como sendo abstrato e de difícil compreensão, estando estas dificuldades associadas à falta de conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos que tratam de reações, ligações, estequiometria, fórmulas, entre outros (MONCALEANO et al., 2003; SOUZA; CARDOSO, 2008).

No ensino da Química, uma das grandes dificuldades de se trabalhar determinados conceitos está relacionada com a sua natureza abstrata, que a torna uma disciplina de difícil ensino e aprendizagem (GABEL, 2000). O conceito de EQ é considerado um dos mais complexos de ser estudado e é possível encontrar estudos na literatura científica que apontam algumas das principais dificuldades de aprendizagem enfrentadas por alunos, como: (1) diferenciar transformação química completa de outra incompleta, (2) acreditar que a reação reversa só ocorre quando a reação direta termina e (3) compreender a natureza dinâmica do equilíbrio. Além destas dificuldades podem apresentar uma visão compartimentada de um sistema em estado de EQ partindo da concepção de que as reações (direta e reversa) ocorrem

em lugares diferentes (WHEELER; KASS, 1978; HACKING; GARNETT, 1985; GORODETSKY; GUSSARSKY, 1986; TYSON; TREAGUST; BUCAT, 1999; NÌAZ, 2001; CHIU; CHOU; LIU, 2002; AKKUS et al., 2003; QUÌLEZ, 2004; BANERJEE, 2007; GHIRARDI et al., 2014).

Salienta-se que o estudo do EQ é fundamental para que se compreendam as diferentes dimensões das transformações químicas, como por exemplo: processos biológicos, industriais e ambientais, devido à sua abrangência, este tema é recorrente nas diferentes áreas do conhecimento da Química (BERTOTTI, 2011). Nos últimos anos, em alguns periódicos voltados para o ensino de Química este conceito tem sido abordado em diferentes temas como: agrotóxicos, alimentação, produção industrial, entre outros. Dentre as abordagens propostas muitos trabalham a utilização de jogos em sala de aula como atividades com os alunos, o ensino por meio da experimentação investigativa, planejamento de unidades didáticas que estipulam uma sequência de atividades.

Uma das vertentes de ensino que tem contribuído para a atribuição de sentido e melhora na aprendizagem dos alunos, com relação aos conceitos abstratos, é o ensino contextualizado. Esta é uma estratégia de ensino onde o professor propõe uma aproximação dos fatos e das realidades dos alunos com o conhecimento científico, procurando desta forma a compreensão e a construção de significado do conceito (SANTOS, 2007). É possível encontrar propostas e aproximações que envolvam temas do cotidiano, temas sociais, ambientais, entre outros. O ensino na vertente CTS, dentro do ensino contextualizado, também contribui para essa aproximação do conteúdo científico à realidade dos alunos, no entanto, esta vertente busca promover uma reflexão sobre as relações existentes entre os campos da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade como, por exemplo, a maneira que o desenvolvimento científico-tecnológico tem afetado direta ou indiretamente a vida em sociedade, e de que forma a participação social pode contribuir para esse avanço, entre outros assuntos (SANTOS; AULER, 2011).

No âmbito da educação são muitas as vertentes adotadas pelos educadores para ensinar determinados conceitos, a SD está inserida dentre estas. Nacionalmente utilizam-se diferentes termos para se referir às SD ou de ensino, e poucas pesquisas evidenciam os referenciais teóricos que definem e norteiam a elaboração e análise destas. Portanto, sentindo necessidade de se compreender melhor este campo de pesquisa, foi realizado um levantamento em periódicos nacionais e internacionais com palavras chave referentes a este tema.

Zabala (1998) ao comparar diferentes estratégias de ensino determina as principais características das sequências de atividades que são encontradas em cada vertente (por

exemplo: aula magistral e projeto). Uma das vertentes abordadas por este autor é a aula magistral que é composta pela exposição do conteúdo, os estudos são realizados a partir de apontamentos ou seguem um manual elaborado pelo professor, possui prova e qualificação de acordo com a nota obtida. Outra vertente discutida pelo autor é o projeto de trabalho global, este é composto por um tema adotado pelo professor, necessita-se de um planejamento elaborado a partir da temática, é fundamental uma etapa de pesquisa das informações com os alunos, o processamento e as discussões dos dados, e a avaliação é feita a partir do resultado final obtido neste projeto, analisando outras variáveis e não a nota de uma prova específica como a vertente anterior.

O uso de SD nos últimos anos tem contribuído para a construção de propostas de ensino sobre diferentes conteúdos químicos em diferentes países (MÉHEUT, 2005; LIJNSE, 2007; MÉHEUT; PSILLOS, 2007; ARRIASSECQ; GRECA, 2012; AHMAD; LAH, 2013; GHIRARDI et al., 2014; HERNÁNDEZ; COUSO; PINTÓ, 2015; PAPADOURIS; CONSTATINOU, 2016). Tais propostas procuram construir os conceitos químicos a partir das relações estabelecidas entre o conceito químico, o mundo material e a relação pedagógica visando uma participação de professores e alunos. De maneira geral os recursos didáticos mais utilizados são: modelos e atividades teórico-experimentais, elaboradas a partir do tema ou conteúdo que está sendo trabalhado, são sequências curtas de ensino e se planeja trabalhar de forma gradual os conteúdos partindo do mundo material, ou seja, dos fenômenos e situações conhecidas pelos alunos, para que se entenda o conteúdo científico proposto pelo professor.

Nos últimos (5) cinco anos o ensino de EQ tem sido abordado por diferentes estratégias, que utilizam da SD para de trabalhar o conteúdo de maneira organizada em torno de um tema ou uma situação que se deseja investigar com os alunos.

Ghirardi et al. (2015), desenvolveram uma didáticas para estudar o conceito de EQ. Inicialmente os autores buscaram levantar as concepções prévias dos alunos, para investigar quais as dificuldades conceituais eles possuíam sobre os conceitos subsunçores, além do levantamento na literatura. Partindo dos resultados dessa investigação verificaram que os alunos possuem dificuldades de compreender transformações completas e incompletas, reações reversíveis (direta e inversa) e sistemas em equilíbrio. Sendo assim, os autores elaboraram uma sequência de ensino onde trabalharam algumas reações químicas em que seriam investigados: (a) transformação química incompleta; (b) transformação química completa; (c) equilíbrio dinâmico em sistemas; (d) evolução de sistemas: de um estado de não equilíbrio para um estado de equilíbrio e (e) equilíbrio constante. Esta sequência foi realizada

com 54 alunos, onde os autores buscaram trabalhar essas concepções alternativas sobre o conceito de equilíbrio químico, verificando que os alunos foram ativos no processo de construção do conhecimento, buscando investigar os problemas propostos pelos pesquisadores.

No âmbito nacional alguns artigos, dissertações e teses trazem diferentes propostas didáticas para se ensinar o conceito de EQ contextualizando a partir de um tema como, por exemplo, processos industriais, processos bioquímicos, água e meio ambiente.

Sampaio (2014) desenvolveu uma proposta de SD para ensinar o conceito de EQ a partir do tema saúde bucal. Motivado pelo alto índice de cáries dentárias na sua cidade e, a partir de análises das questões políticas e sociais, percebeu que a falta de informações necessárias para cuidados da saúde poderia ser um dos fatores que contribuía para este resultado. A possibilidade de desenvolver uma proposta pedagógica para trabalhar essas questões permitiu o estudo do conteúdo relacionado ao de EQ e ainda a conscientização dos sujeitos participantes de questões que impactam diretamente em suas vidas. A proposta foi desenvolvida com 90 alunos do terceiro ano, baseada nos três momentos pedagógicos de Muenchen e Delizoicov (2014), envolvendo: sensibilização, experimentação com problematização e reflexão contextualizada e avaliação.

Neto e Moradillo (2016) apresentaram uma discussão sobre a utilização de atividades lúdicas e suas contribuições para o estudo de equilíbrio químico, partindo de uma proposta sobre o estudo do processo Haber-Bosh. De acordo com os autores o avanço nas discussões sobre as contribuições de atividades lúdicas na zona de desenvolvimento proximal dos alunos ajuda os professores a desenvolverem atividades que contribuam para a aprendizagem de conceitos abstratos.

Ferreira et al.(2016), apresentam uma proposta para trabalhar o conceito de EQ a partir da educação sexual, é uma proposta de ensino transdisciplinar nas aulas de biologia, onde foram estudados: o sistema nervoso, hormônios e ciclo menstrual, sendo que o estudo do EQ se deu na interação do hormônio nas células com seu receptor para abordar equilíbrio químico e a relação com contraceptivos hormonais.

Montagna (2014), em sua dissertação trabalha as concepções alternativas sobre o conceito de EQ e suas consequências para o aprendizado de bioquímica. Este autor destaca os principais conceitos dentro do conteúdo de EQ que possuem maior número de concepções alternativas sendo estes: (a) não há reação no estado de equilíbrio químico; (b) a reação inversa inicia quando a reação direta termina; (c) o equilíbrio é atingido quando a

concentração de produtos e reagentes é igual em uma equação química e (d) as reações de equilíbrio se mantêm até que os reagentes sejam completamente consumidos.

As propostas de ensino baseadas em um contexto surgem com o objetivo de melhorar a aprendizagem dos conteúdos químicos que possuem um nível alto de abstração, o que pode ocasionar a construção de concepções alternativas sobre os mesmos. O ensino baseado nas relações CTS permite que os professores trabalhem os conteúdos químicos de forma relacionada às questões sociais e tecnológicas que sejam relevantes aplicadas à realidade em que os alunos estão inseridos. Desta forma a partir dos dados levantados por meio de uma pesquisa bibliográfica, conhecendo o contexto nacional e internacional de ensino deste conceito, elaborou-se o problema de pesquisa a ser investigado, discriminados adiante.

## 2 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa a ser investigado surgiu em um contexto escolar, onde, enquanto estagiária em uma escola pública no município, percebeu-se que as lâmpadas usadas do colégio não estavam sendo descartadas da maneira correta. A temática “lâmpadas halógenas” já havia sido estudada em outro trabalho, portanto parte do material que foi produzido neste projeto anterior foi utilizada para construir esta proposta de SD.

A partir do cenário da implementação de uma sequência didática para o ensino do conteúdo de equilíbrio químico, a questão de investigação foi a seguinte:

*Quais as contribuições da implementação de uma sequência didática sob a temática lâmpadas halógenas para a aprendizagem do conceito de equilíbrio químico?*

Para responder a esta questão procurou-se compreender de que maneira os professores de Química ensinam o conteúdo de EQ, quais as dificuldades que os alunos apresentam ao estudar EQ, analisar a sequência didática apresentadas nos LD e analisar as contribuições de uma sequência planejada na vertente CTS para a aprendizagem do conceito de EQ.

Por ser contextualizada, a SD pode atribuir sentido à aprendizagem do conteúdo. Este sentido pode favorecer a significação conceitual e colocar os alunos ativamente no processo de aprendizagem, de forma a estabelecerem relações com outros conceitos, a fim de que aprendam o conteúdo em questão, rompendo o modelo de ensino fragmentado.

### 3 OBJETIVOS

De acordo com a questão de pesquisa que orientou este estudo, seguem o objetivo geral e os objetivos específicos.

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a contribuição da implementação da SD sob a temática “lâmpadas halógenas” para a aprendizagem do conceito de EQ, pelos alunos do segundo ano de ensino médio de uma escola pública do município de Alfenas, Sul de Minas Gerais.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Compreender de que maneira os professores de Química ensinam o conceito EQ e suas dificuldades;
- b) Compreender, na perspectiva dos professores, quais são as dificuldades dos alunos em aprender o conceito de EQ;
- c) Avaliar a sequência didática dos LD aprovados no PNLD (2015) para o ensino do conteúdo de EQ;
- d) Avaliar a contribuição da implementação da SD para a aprendizagem do conceito de EQ pelos alunos do segundo ano de Ensino Médio.

Diante do problema de pesquisa e, considerando as bases teóricas que fundamentam esse estudo, optou-se por uma abordagem qualitativa, considerando que esta procura trabalhar com o universo das relações humanas, das representações, das intencionalidades dos sujeitos e se aprofunda no mundo dos significados (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009). Entende-se pesquisa qualitativa como sendo aquela que se constitui de diferentes técnicas interpretativas, que busca compreender e decodificar os índices de um sistema complexo de



significados, traduzindo os sentidos dos fenômenos do mundo social e diminuindo a distância entre o indicador e o indicado, entre teoria e dados, entre contexto e ação (FLICK, 2009).

Para esta investigação, optou-se por um modelo de pesquisa exploratória e entende-se pesquisa exploratória como sendo aquela em que o pesquisador busca levantar informações disponíveis sobre o assunto pesquisado e propõe um novo discurso interpretativo (GROPPO; MARTINS, 2006; MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009).

## 4 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Neste capítulo abordam-se questões relacionadas à vertente CTS e seus aspectos relacionados ao ensino de ciências.

### 4.1 O ENSINO CONTEXTUALIZADO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM

Para Silva e Marcondes (2015), a abordagem contextualizada pode trazer contribuições para o ensino de Química, pois é uma maneira de abordar os conceitos químicos estudados em sala de aula dentro de uma temática, situações, fenômenos e materiais que são comuns no dia a dia dos alunos, tornando assim a aprendizagem mais próxima e interessante. Assim como na abordagem contextualizada, Acevedo (2009) afirma que a abordagem baseada na vertente Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) possibilita aos alunos uma maior compreensão dos impactos sociais da ciência e da tecnologia, o que permite sua participação na sociedade. Para Auler (2001, 2007) e Santos (2002) este movimento apresenta similaridades com a pedagogia de Paulo Freire, em que o ensino é baseado em temas geradores, considerando que tais temas emergem do meio social e político ao qual o aluno está inserido

Para Lima et al. (2000) o ensino de Química de forma não contextualizada pode ser responsável pelo desinteresse por parte dos alunos, dificultando o processo de aprendizagem. Desta forma, a contextualização não impede que as questões clássicas da Química sejam discutidas, porém exige que haja uma reformulação na forma como é abordada, promovendo uma aproximação com o cotidiano dos alunos.

A SD pode ser composta por uma problematização que venha a desafiar o aluno a solucioná-la, a partir do estabelecimento de conexões com outras áreas do conhecimento, atuando o professor como mediador deste processo. O papel do professor será levar os alunos a compreenderem diferentes valores e alternativas para selecionarem e criarem estratégias para resolver as questões.

## 4.2 O ENSINO NA VERTENTE CTS

As mudanças que ocorrem no ensino e no currículo acadêmico, geralmente, são decorrentes de situações que provocaram mudanças na realidade social. O movimento CTS sofreu influência de outros movimentos que foram anteriores e, a partir destas mudanças, novas propostas de ensino foram surgindo e foram estimuladas por uma necessidade de se estruturar a educação científica em torno de problemas amplos e de uma educação política voltada para a ação na sociedade (AULER, 2001).

O movimento mundial de ensino CTS teve sua origem no início da década de 70, surgiu em um contexto de crítica ao modelo desenvolvimentista apresentando um forte impacto ambiental e apresentando discussões sobre o papel da ciência na sociedade. Promovendo reflexões sobre a relação CTS e a percepção de que a dinâmica tecnocientífica estava sendo influenciada pela lógica da Guerra Fria, podendo desencadear futuros riscos ambientais. No Brasil, o movimento buscava fomentar a discussão sobre a relação CTS no ensino e promover a elaboração de currículos acadêmicos, que apresentassem uma percepção crítica sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, bem como suas implicações na sociedade (DAGNINO; SILVA; PADOVANNI, 2011).

Este movimento se caracteriza amplamente como um movimento social que discute publicamente políticas de ciência e tecnologia e os propósitos da tecnociência. Na educação científica, contribui na perspectiva de formação para a cidadania, tendo como objetivo o desenvolvimento da “capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e o desenvolvimento de valores” (SANTOS; AULER, p. 23, 2011). Nos currículos, contribui para a inserção de temas sociocientíficos, em questões de natureza ética e questões ambientais contemporâneas levando os alunos aprenderem a utilizar os conhecimentos científicos escolares em outros contextos, não escolares, atribuindo sentido àquilo que aprende, proporcionando o desenvolvimento de valores e da tomada de decisão (SANTOS; AULER, 2011; AIKENHEAD, 2005)

Ainda de acordo com o autor, as investigações no ensino sobre questões sociocientíficas contribuem para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas, mesmo que essas não contemplem toda a gama de aspectos curriculares de CTS. Tais estratégias têm se mostrado efetivas na melhoria do aprendizado de conceitos científicos e no desenvolvimento da

capacidade de tomada de decisão, auxiliando os alunos a evidenciar a relevância social do conhecimento estudado.

A educação CTS também se relaciona com os efeitos ambientais provocados pelo contexto sócio-histórico da ciência e tecnologia, sendo que, desde sua origem, incorpora objetivos da questão ambiental. Como dito anteriormente, este movimento surge como crítica ao modelo desenvolvimentista que agravou a crise no meio ambiente. Alguns estudos demonstram preocupação em discutir de que maneira a denominação reflète o entendimento sobre a incorporação da letra “A” na sigla para destacar a perspectiva ambiental (PAULINI-JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015; SANTOS; MARMITT; AULER, 2015; POLANCZKY; MARMITT; SANTOS,2015).

Pode-se dizer que, na abordagem CTS, o ensino do conteúdo de ciências dá-se em um contexto autêntico de seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes devem integrar os conhecimentos científicos e tecnológicos com as experiências cotidianas. Na abordagem CTSA, inclui-se a educação ambiental como um aspecto que deve ser estudado e discutido em sala de aula (PINHEIRO, 2007). Consideramos que a questão ambiental está implícita na sigla CTS, porém a incorporação da letra “A” surge no anseio de dar maior ênfase às consequências ambientais do desenvolvimento científico e tecnológico. Esta denominação é uma opção para aqueles que querem destacar ou evitar um tratamento insuficiente das questões ambientais dentro das relações CTS (VILCHES; GIL PÉREZ; PRAIA, 2011).

Neste sentido, a sociedade e o ambiente tornam-se cenários de aprendizagem, nos quais seria possível identificar temas ou problemas, potencialmente relevantes, para serem estudados e investigados. Com isso, pretende-se a apropriação dos conhecimentos científico e tecnológico, em busca de soluções para determinadas problemáticas, contribuindo para a construção de um juízo de valor e de uma tomada de decisão (RICARDO, 2007). Entendemos que as práticas educativas não devam reforçar somente a concepção naturalista de meio ambiente, que permite restringir as questões ambientais exclusivamente aos aspectos naturais de preservação e conservação da fauna e flora, defendemos uma concepção ampla de ambiente onde se destaca os aspectos sociais (SANTOS; AULER, 2011).

Assim, ao ensinar os conteúdos de Química na vertente CTS, espera-se uma construção conceitual correlacionada com aspectos do âmbito político, econômico, tecnológico, social e ambiental. Considera-se que o estudo dos conteúdos científicos e tecnológicos não devam ser aprendidos como um fim em si mesmo, mas como parte de um processo que leva a uma formação que pode tornar os alunos capazes de agir como cidadãos na vida em sociedade. Para isso, é necessário que o ensino ocorra dentro de um contexto e que este não seja usado,

apenas, como uma forma de ilustrar o conhecimento químico, mas como uma estratégia para se desenvolver o conteúdo, formando o aluno para o exercício consciente da cidadania (SANTOS; SCHNETZLER, 2000).

Ainda de acordo com estes autores, promover uma educação para a cidadania é, não só, fazer com que haja conhecimento dos direitos e deveres, mas garantir que estes alunos possam participar nas dimensões públicas, de modo geral. O aluno precisa estar preparado para participar de uma sociedade democrática e para isto não basta saber, apenas, conceitos científicos, faz necessário também, dispor de informações que estão diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão.

## 5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Pode-se pensar em **sequência** como um conjunto de atividades que são ordenadas, estruturadas e articuladas a fim de realizar determinados objetivos educacionais, tendo em seu planejamento o início e o fim conhecidos por sujeitos participantes, tais como professores e alunos. Zabala (1998) utiliza o termo SD para descrever unidades didáticas que são sequências estruturadas com atividades educacionais que visam à realização de objetivos determinados. Para definir SD de forma mais clara, adota-se outro autor afirmando que “uma sequência didática é formada por certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática” (PAIS, 2007, p.102).

Zabala (1998) discute que o modelo adotado pela SD deve estar de acordo com a metodologia escolhida e a fundamentação teórica utilizada pelo pesquisador. Se desejar abordar uma teoria construtivista de aprendizagem é necessário que as etapas elaboradas da SD estejam de acordo com a sequência desejada para tal metodologia.

As SD tem demonstrado um resultado favorável para ensino de conteúdos que envolvem determinada abstração. Por meio das atividades realizadas, os alunos participam e interagem de forma mais efetiva contribuindo para a aprendizagem de conteúdos como EQ (GHIRARDI et al., 2014).

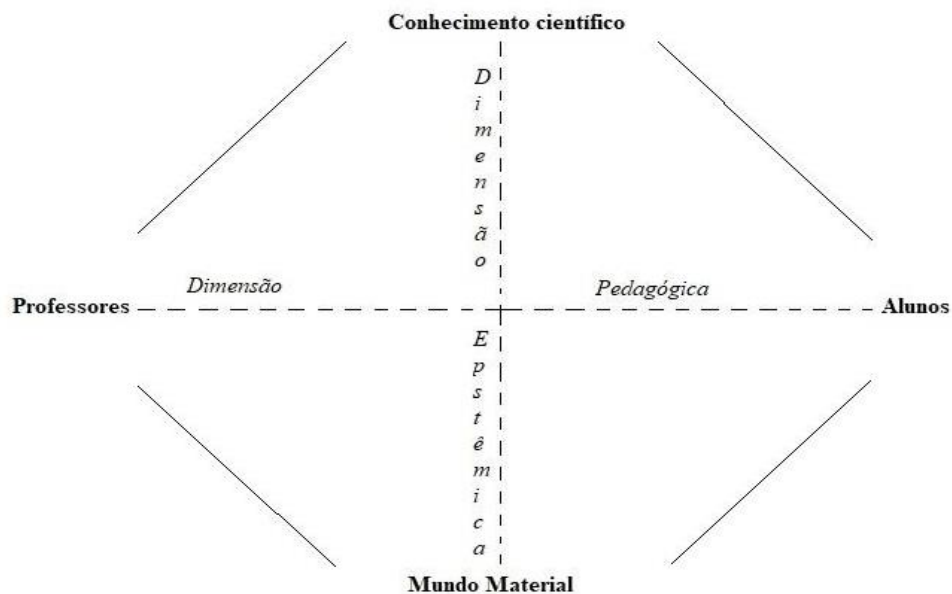
### 5.1 SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM (Teaching Learning Sequence)

Pensando na elaboração de determinadas SD é necessário também validar seus métodos para o ensino de tais conceitos. Existem duas vertentes conhecidas internacionalmente que sustentam a validação desta proposta metodológica (SD), o ensino de ciências, irá se basear no contexto de TLS. Uma destas vertentes é didática francesa que fundamentada pela metodologia de engenharia didática proposta por Michèle Artigue baseia-se na teoria da transposição didática e também na teoria das situações didática de Guy Brousseau. A TLS surgiu com a necessidade de considerar as concepções prévias dos alunos no ensino de

Ciências, de acordo com as especificidades de cada área do conhecimento, principalmente utilizadas por pesquisadores no ensino de Química e Física (GIORDAN; GUIMARÃES; MASSI, 2012).

De acordo com Méheut (2005) um modelo geral para caracterizar as abordagens de ensino em uma TLS prevê (4) quatro componentes a se considerar: professores, estudantes, mundo material e conhecimento a ser desenvolvido.

Figura 1 - Modelo proposto por Méheut para demonstrar as dimensões pedagógicas e epistemológicas e as suas relações com o mundo material, o conhecimento científico, os professores e os alunos.



Fonte: Adaptado de MEHÉUT (2005)

Os critérios de validação, proposto por Artigue e citados por Méheut (2005), revelam três (3) dimensões para análise: a. dimensão epistemológica: relacionam-se aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas que eles podem resolver e à sua gênese histórica; b. dimensão psicocognitiva: analisam-se as características cognitivas dos alunos; c. dimensão didática: analisam-se às restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino (programas, cronograma, etc.).

Considerando a validação das TLS, Méheut (2005) sugere adotar dois (2) critérios: *uma avaliação externa* ou comparativa, realizada na maioria dos casos, por meio de pré-teste e pós-teste; e *uma avaliação interna*, realizada por meio da análise dos efeitos da SD em relação aos seus objetivos, por exemplo, comparando-se as “vias de aprendizagem” que os estudantes efetivamente desenvolvem por meio da SD com vias de aprendizagem esperadas, conforme caracterizações prévias.

A engenharia didática é caracterizada pelo registro dos métodos de validação interna com base no confronto de uma análise a priori e uma análise a posteriori. Preocupando-se em estudar os processos de aprendizagem de um determinado conceito e de conteúdos transversais a estes conceitos, mesmo que de uma disciplina diferente daquela em que está sendo trabalhada a SD.

A análise da sequência é feita com base nos conhecimentos teóricos educacionais e didáticos já existentes na área, considerando: análise epistemológica do conteúdo, o campo de aplicação do conhecimento e seus efeitos, análise das concepções dos alunos, as dificuldades e os obstáculos que marcam o desenvolvimento do conteúdo e da sequência, análise da realidade dos sujeitos onde será realizada a didáticas e análise dos objetivos específicos da pesquisa. As fases de desenvolvimento da sequência são analisadas e aprofundadas conforme as necessidades do grupo e ocorrem antes da análise prévia.

É nesta fase preliminar que englobamos as dimensões discutidas anteriormente: A *dimensão epistemológica* está associada às características do desenvolvimento, às questões relacionadas ao desenvolvimento do conteúdo e a transposição didática. A *dimensão cognitiva* está associada às características educacionais; e a *dimensão didática* está associada ao funcionamento do sistema de ensino. É necessário que seja feito um estudo prévio das concepções dos alunos e das dificuldades com relação aos conceitos e de desenvolvimento da sequência, para este estudo podem ser utilizadas ferramentas que permitam identificar os conceitos prévios necessários para o estudo de um novo conteúdo.

Méheut (2005) analisa de modo teórico como devem ser construídas e validadas as SD. Para isso, traça um panorama que analisa como o conhecimento a ser ensinado se relaciona com o aluno e com o professor. A relação se demonstra na Figura 1 onde o conhecimento a ser ensinado, precisa passar por algumas transformações para ser transposto ao nível dos alunos a partir de articulações que prezem a **dimensão epistêmica** e a **dimensão pedagógica**.

A dimensão epistêmica diz respeito ao funcionamento do conhecimento em relação ao mundo material, suas formas de elaboração e produção, os métodos científicos, a validação e a divulgação dos conhecimentos. O professor precisa desses mecanismos para criar um material instrucional que contemple os conhecimentos científicos adequados ao tratamento em sala de aula.

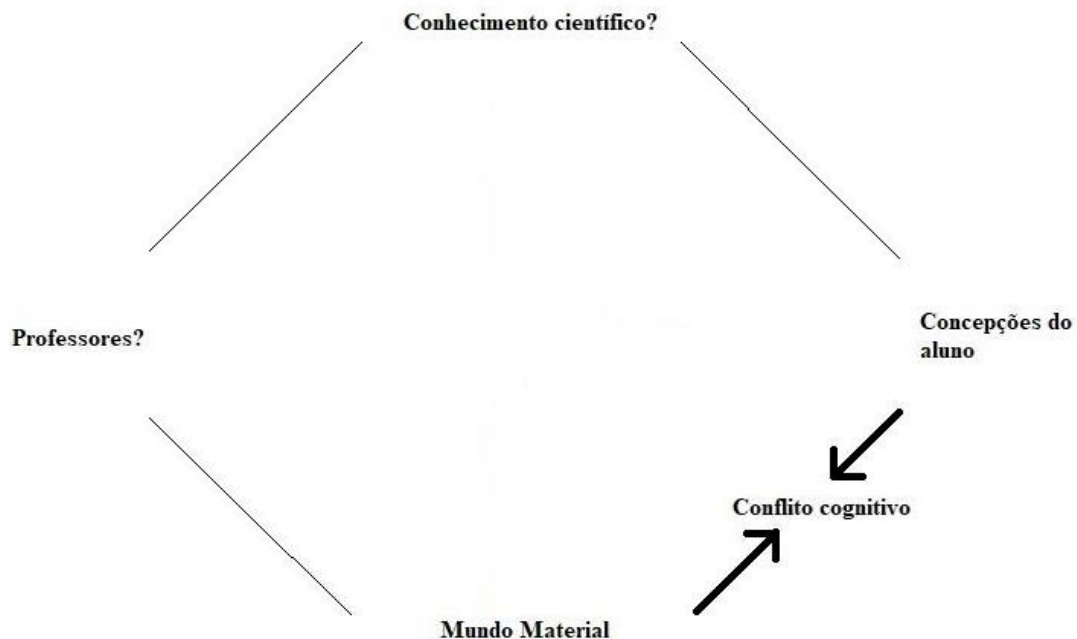
A dimensão pedagógica interfere diretamente nas formas que o conhecimento será apresentado ao aluno, essas formas são diretamente relacionadas pela interação professor-aluno, aluno-aluno e aluno-material instrucional. Cabe a essa dimensão a metodologia a ser



empregada no desenvolvimento da SD e a concepção de ensino e aprendizagem que o professor carrega.

O esquema apresentado na Figura 1, de construção de SD se altera a partir da chegada das ideias construtivistas e cognitivistas de ensino e de aprendizagem. De acordo com essas concepções, as SD precisam gerar um conflito cognitivo entre as concepções dos estudantes e o material instrucional, mediado pelo professor ou não. O material instrucional, agora, precisa estar impregnado de situações e características que relacionem o conhecimento científico à vida cotidiana e o mundo material do estudante. Assim, o aluno conflita suas concepções sobre determinados conhecimentos com o conhecimento científico adaptado ao mundo material, mudando-se assim o losango:

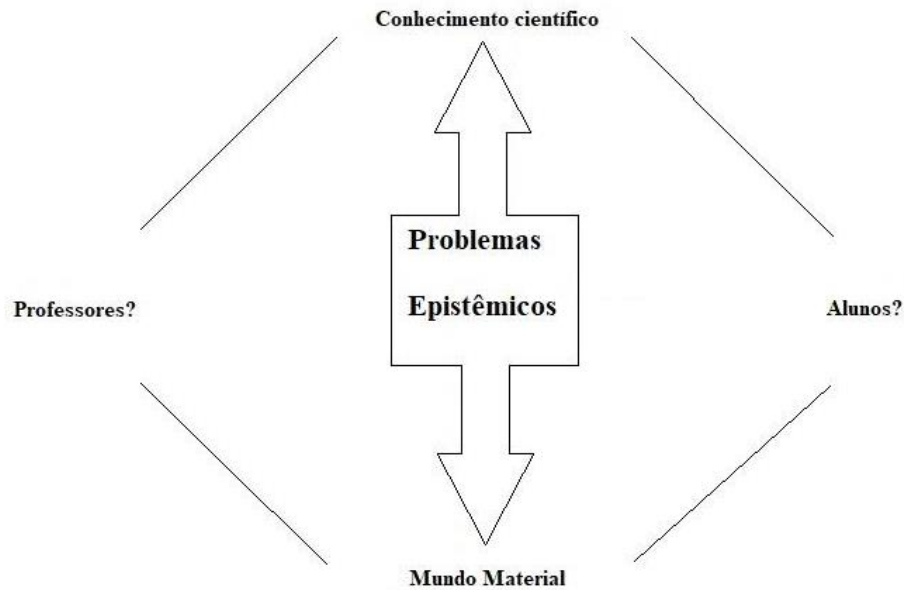
Figura 2 - Modelo proposto por Méheut para demonstrar a relação entre as concepções dos alunos e o mundo material e como se dá a aprendizagem a partir do conflito cognitivo.



Fonte: Adaptado de MEHÉUT (2005)

A autora descreve que a alteração se deve a uma integração construtivista na construção das SD, onde as tendências de ensino e as políticas de currículo influenciam nas práticas docentes. Além disso, existem abordagens epistemológicas que podem acarretar em uma mudança nas construções. A concepção de ciência do professor faz com que determinadas etapas da SD sejam influenciadas diretamente por isso, assim cria-se mais um eixo no losango, que diz respeito aos impasses e divergências epistêmicas existentes entre os professores, refletindo então em práticas que transcendam os modos tradicionais em sala de aula.

Figura 3 - Modelo proposto por Méheut para demonstrar a relação entre conhecimento científico, mundo material por meio de problemas epistêmicos.



Fonte: Adaptado de MEHÉUT (2005)

O modelo teórico de elaboração e validação da TLS visa, de maneira geral, a aprendizagem conceitual por parte dos alunos. A **primeira etapa** se constitui de uma abordagem do ponto de vista construtivista. Na **segunda etapa** o professor elabora os estudos do conhecimento científico, introduzindo conceitos de maneira sistemática onde diante de situações problemas é fundamental a utilização de determinados conceitos, na **terceira etapa** de resolução os alunos podem dialogar, estabelecer relações de forma generalizada com diferentes situações, sendo esta atividade realizada individual ou em grupos. Desta forma, este modelo se preocupa com o desenvolvimento e a formação dos estudantes, buscando uma maior participação dos mesmos ao longo do curso, sentindo-se motivados e focados na aprendizagem (MEHÉUT, 2005).

O conteúdo específico a ser estudado é apresentado de forma orientada, podendo ser utilizados três dimensões: conteúdos gerais, conteúdos relacionados com a natureza científica e conteúdo específico.

## 6 O CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

Para construir o conceito de EQ com os alunos, primeiro, faz-se necessário definir este conceito. Entende-se por EQ como o estágio atingido em uma reação química no qual não há tendência a alterações na composição da mistura da reação em questão, ou seja, as concentrações ou pressões parciais das espécies envolvidas permanecem constantes, ainda que, as reações continuem acontecendo em um nível atômico-molecular (SOUZA et al., 2017). Neste capítulo serão feitas abordagens de alguns aspectos da segunda lei da termodinâmica e as transformações químicas, focalizando no sistema das lâmpadas de halogênio estudadas durante a sequência de ensino.

A segunda lei da termodinâmica permite prever se uma transformação é ou não espontânea, e assim, estabelecer critérios de equilíbrio. Uma transformação espontânea ocorre como consequência de um desequilíbrio entre o sistema e o meio externo ou um desequilíbrio interno do sistema. Esse desequilíbrio origina uma chamada força motriz que obriga o sistema a evoluir em direção a um estado de equilíbrio. A transformação espontânea, sendo em situação de desequilíbrio, será sempre irreversível, quando atingido o equilíbrio no fim dessa transformação espontânea, qualquer transformação imaginável será reversível (ATKINS, 2006).

Por tratar de sistemas em que as transformações são reversíveis, faz-se necessário diferenciá-las e, portanto, dizer quais são as características que distinguem uma transformação irreversível (real) de uma transformação reversível (ideal). Em cada ponto ao longo de uma transformação reversível o sistema se desloca do equilíbrio infinitesimalmente, ou seja, se analisar diferentes momentos em uma reação o ponto de equilíbrio e a sua constante irá apresentar variações de valores, pois as concentrações das espécies envolvidas podem variar. Transformações reversíveis são transformações reais, naturais ou espontâneas.

$$\Delta G < 0 \text{ reação espontânea ou natural}$$

$$\Delta G = 0 \text{ equilíbrio}$$

$$\Delta G > 0 \text{ reação não espontânea}$$

A noção de equilíbrio é relativa, para cada par de P e T é determinado um estado de equilíbrio. Portanto, qualquer modificação nos parâmetros de pressão e temperatura provocará ruptura no equilíbrio e evolução do sistema em direção ao novo estado de equilíbrio

compatível com as condições. O termo espontâneo aplicado a transformações de estado no sentido termodinâmico significa que a transformação de estado é possível (ATKINS, 2006).

Em um sistema heterogêneo em equilíbrio, a T e P constantes, o potencial químico de cada um dos componentes é o mesmo em todas as fases. O equilíbrio depende da composição das fases (expressa em frações molares) que determina o potencial químico de cada componente quando T e P permanecem inalteráveis. O equilíbrio de um sistema heterogêneo consiste na simultaneidade das três espécies de equilíbrio:

- Equilíbrio térmico: igualdade de temperatura em todas as fases;
- Equilíbrio mecânico: igualdade de pressão em todas as fases;
- Equilíbrio Químico: igualdade de potencial químico ( $\mu$ ) de cada componente em todas as fases ( $\mu$  é uma propriedade intensiva do componente, sua dimensão é a energia interna por  $\frac{dUdU}{dn}$  mol ( $\frac{dUdU}{dn}$ )<sub>s,v,nj</sub>, quando a entropia, o volume e a composição são mantidos constantes).

O potencial químico de um componente de uma fase ou solução pode ser definido como a energia de Gibbs molar parcial do componente. O potencial químico de uma substância pura é a energia de Gibbs molar:

$$\mu = \frac{G}{n} = \bar{G}\mu = \frac{G}{n} = \bar{G}$$

Quando  $\Delta G > 0$  as condições para que a reação aconteça devem ser manipulados de modo a auxiliar essas reações que não ocorrem naturalmente. O compromisso entre a baixa entalpia e a alta entropia é atingido de modo a minimizar a energia de Gibbs (ATKINS, 2006).

As reações químicas que acontecem em sistemas em desequilíbrio químico são termodinamicamente reversíveis, embora haja equilíbrio térmico e mecânico entre sistema e meio externo.

$$\left( \frac{C_L^l C_M^m}{C_A^a C_B^b} \right)_{eq} = K_c$$

A lei do EQ nos permite entender que quaisquer que sejam as concentrações iniciais dos reagentes e dos produtos, atingindo o EQ, numa dada temperatura, é constante a razão entre o produto das concentrações dos produtos da reação e o produto das concentrações dos reagentes, cada concentração elevada a uma potência igual ao coeficiente estequiométrico que lhe responde.

Outra lei nos ajuda a compreender melhor o estado de EQ, a lei de ação das massas, na qual a velocidade em que reagem duas substâncias é, em cada momento, proporcional ao

produto das respectivas massas ativas (número de moléculas ou de mols por unidade de volume) (ATKINS, 2006).

Em uma reação representada por  $A + B = L + M$  tem em cada instante uma reação direta de velocidade  $v_1 = K_1 C_A C_B v_1 = K_1 C_A C_B$  e uma reação inversa de velocidade  $v_2 = K_2 C_L C_M v_2 = K_2 C_L C_M$ , que variam à medida que variam as concentrações. O EQ resulta das igualdades das velocidades opostas. Daí por diante a composição do sistema permanece inalterada, não porque as substâncias tenham cessado de reagir, mas porque as transformações se compensam. Portanto, a lei de ação das massas leva ao entendimento dinâmico do EQ (ATKINS, 2006).

Quando as concentrações dos produtos se encontram no numerador da equação é considerada por convenção, a constante de equilíbrio da reação direta. Por isso a constante de equilíbrio da reação inversa será o inverso da reação.

$$K'_c = \frac{1}{K_c} K'_c = \frac{1}{K_{cOu}} K_c K'_c = 1 K_c K'_c = 1$$

Uma elevada constante da reação direta implica uma pequena constante da reação inversa.

## 6.1 EQUILÍBRIO MÓVEL

Quando um sistema está em equilíbrio, qualquer modificação de uma de suas variáveis que determinam esse estado produzirá ruptura no equilíbrio e evolução na direção em que permite moderar esta variação e atingir novo estado de equilíbrio (Princípio de Le Chatelier) (ATKINS, 2006).

## 6.2 ACRÉSCIMO DA TEMPERATURA

De acordo com o Princípio de Le Chatelier um acréscimo na temperatura produzirá um avanço da reação no sentido endotérmico, de modo a moderar o aumento de temperatura, até

alcançar um estado de equilíbrio em que a composição e a temperatura serão diferentes das iniciais (ATKINS, 2006).

### 6.3 INFLUÊNCIA DA PRESSÃO

Produzirá um avanço da reação no sentido em que haja uma redução de volume para moderar o aumento de pressão, até alcançar o estado de equilíbrio em que a composição e  $P$  são diferentes das iniciais, a constante de equilíbrio não se altera, pois  $T$  permanece igual (ATKINS, 2006).

### 6.4 ADIÇÃO DE UM COMPONENTE ATIVO

A adição de um componente da reação ao sistema de equilíbrio, a temperatura e pressão constante, provocará um avanço da reação no sentido em que se verifica o consumo de componente.

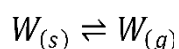
O princípio de Le Chatelier indica que se as condições extremas sob as quais se estabelece um EQ forem alteradas, o equilíbrio se deslocará de tal modo a moderar o efeito desta mudança. Portanto se diminuir a pressão o equilíbrio tende a se deslocar aumentando o volume. Se calor é despedido de uma reação química o acréscimo tende a inverter a reação, se o volume decresce numa reação, um aumento de pressão desloca a posição de equilíbrio no sentido de formação dos produtos (ATKINS, 2006).

### 6.5 EQUILÍBRIO EM LÂMPADAS HALÓGENAS

O EQ pode ser estudado em diversos sistemas naturais ou artificiais, com aplicações industriais, ou até mesmo em aparelhos tecnológicos que são comuns no dia a dia. Para a SD foi proposto o estudo do EQ em lâmpadas halógenas, introduzidas no mercado em 1958.

As lâmpadas halógenas possuem o princípio de funcionamento igual ao das lâmpadas incandescentes, isto é, são constituídas por uma ampola que tem um filamento fino de tungstênio(W), metal que possui elevado ponto de fusão, fixado em um invólucro de quartzo. O filamento de tungstênio quando percorrido pela corrente elétrica emite uma luz branca de tom levemente amarelado, a ampola é preenchida com um gás de halogênio. A vida útil pode variar de duas mil (2000) horas a quatro mil (4000) horas, com eficiência energética de 25 a 30lm (JUNIOR; WINDMÖLLER, 2008).

Com a passagem da corrente elétrica pelo filamento o tungstênio é aquecido até uma temperatura muito elevada, cerca de 3000 °C, o que faz com que o metal brilhe intensamente. O tungstênio possui um ponto de fusão muito elevado: 3422 °C, por possuir esta característica faz com que esse metal evapore menos que outros metais, a esta temperatura o tungstênio sublima em uma extensão considerável, este fenômeno pode ser representado pela equação a seguir.



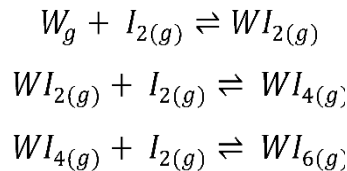
Esta reação é endotérmica, o que significa que a reação necessita absorver energia para acontecer. A diferença entre as lâmpadas incandescentes comuns para as lâmpadas halógenas é que estas últimas contêm iodo gasoso em seu interior. O iodo é da família dos halogênios na tabela periódica, o que caracterizou e originou o nome desta lâmpada.

Podemos estudar este primeiro fenômeno utilizando o princípio de Le Chatelier, quando a temperatura do sistema é elevada o equilíbrio é deslocado no sentido da formação de maiores quantidades de tungstênio gasoso. Portanto, ao aumentar a temperatura do filamento para aumentar o brilho emitido pela lâmpada, aumenta-se a quantidade de tungstênio gasoso no interior da lâmpada.

O aumento da quantidade do gás de tungstênio faz com que ao atingir as paredes do bulbo, que é uma região mais fria comparada à temperatura do filamento, o tungstênio se deposita retornando ao seu estado sólido. Isto acontece em resposta ao equilíbrio estudado anteriormente, quando abaixa a temperatura drasticamente a reação tende a formar o tungstênio sólido (SKOOG et al, 2009). Desta forma a lâmpada fica embaçada devido os depósitos de tungstênio e o filamento se torna mais fino, enfraquecendo-o, o que pode levar a lâmpada a fundir.

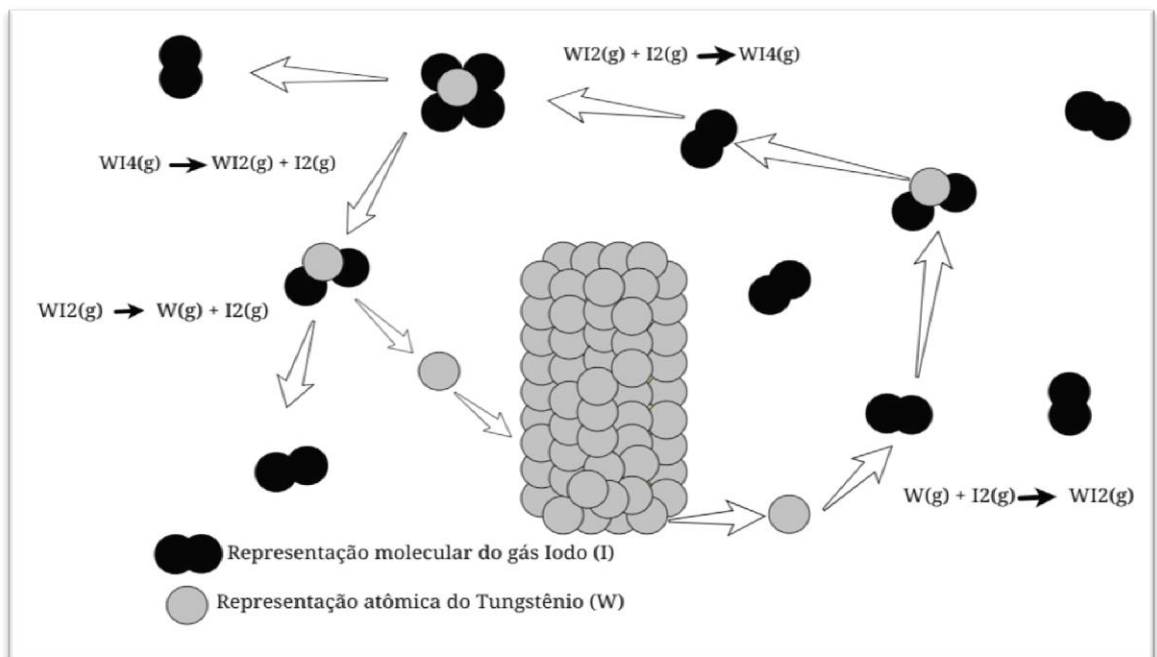
O equilíbrio neste material também pode ser estudado nas reações que acontecem entre o gás tungstênio e o gás iodo. Para que aumente o tempo de vida da lâmpada as reações com o gás iodo fazem com que o tungstênio sublimado se deposite novamente no filamento.

A primeira reação ao se desprender do filamento é entre o tungstênio e o gás iodo que preenche o invólucro, em seguida diversas reações podem decorrer deste sistema, formando gases incolores.



No filamento o iodo reage com o tungstênio gasoso que é liberado, formando o gás iodeto de tungstênio, e através destas reações é evitado o problema inerente à sublimação do tungstênio. A reação direta é exotérmica, a menor temperatura nas proximidades da parede da lâmpada favorece a formação do produto, gás iodeto de tungstênio, consumindo o gás de tungstênio, que não chega a se depositar nas extremidades da lâmpada. Na reação inversa o tungstênio volta ao seu estado sólido, sendo favorecido pela alta temperatura próxima ao filamento, o que leva o metal a ser depositado no filamento novamente (SKOOG et al., 2009). Entretanto, este equilíbrio não evita a sublimação do tungstênio, o que causa um maior consumo de energia elétrica e contribui para o baixo rendimento dessas lâmpadas. A Figura 4 apresentada abaixo ajuda a entender melhor como estas reações ocorrem no sistema.

Figura 4 - Reações que ocorrem no interior do bulbo presente na lâmpada halógena



Fonte: Da autora.



Esta imagem foi construída para que facilite a visualização do sistema em equilíbrio da lâmpada halógena, considerando suas limitações permite exemplificar que o filamento de tungstênio consegue se “recompor” a partir da reação com o gás iodo. No centro da imagem tem-se representado o filamento composto por tungstênio metálico, quando a primeira reação acontece, a partir do aquecimento deste filamento, inicia-se a reação com o gás iodo presente no sistema.

## 7 METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a abordagem metodológica que orientou o desenvolvimento desta pesquisa, considerando a questão de pesquisa e os objetivos pretendidos. Aborda-se também as técnicas utilizadas para a coleta e análise das informações e a construção dos dados.

Esta é uma pesquisa exploratória de caráter qualitativo e buscou-se levantar informações disponíveis sobre o planejamento/desenvolvimento de SD e suas contribuições para a aprendizagem dos alunos. Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram: um roteiro de entrevista, gravação de áudio e vídeo e questionários, todos planejados pela pesquisadora.

### 7.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS COLABORADORES DA PESQUISA

Os sujeitos participantes desta pesquisa foram professores e alunos de segundo ano de ensino médio das escolas públicas do município de Alfenas, localizado no sul de Minas Gerais. Com os professores buscou-se compreender o planejamento do ensino, os materiais que utilizavam para preparar suas aulas e as dificuldades de ensinar o conceito de EQ, estas informações contribuíram para o planejamento da SD, elaborada em colaboração com os professores. Com os alunos buscou-se compreender as contribuições da SD para a aprendizagem do conceito de EQ.

Na tabela a seguir apresentam-se as informações sobre a formação, o tempo de serviço, o número de aulas semanais em segundos anos e a atuação profissional dos professores participantes da pesquisa, sendo estes quatro (4) professores de segundos anos de ensino médio de escolas públicas.

Quadro 1: Caracterização dos professores participantes da pesquisa.

| <b>Professor</b> | <b>Formação</b>         | <b>Tempo<br/>(ano)</b> | <b>Nº aulas<br/>(2º ano)</b> | <b>Efetivo</b> |
|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|----------------|
| <b>João</b>      | Licenciatura em Química | 3                      | 14                           | Sim            |

|                |                         |    |    |     |
|----------------|-------------------------|----|----|-----|
| <b>Pedro</b>   | Farmácia e Bioquímica   | 15 | 12 | Sim |
| <b>Antônio</b> | Licenciatura em Química | 1  | 8  | Sim |
| <b>Ana</b>     | Licenciatura em Química | 8  | 14 | Não |

Fonte: Da autora.

O professor João é licenciado e bacharel em Química (com atribuições tecnológicas) por uma universidade pública federal e possui mestrado em Química, com área de concentração em Química Analítica. No momento da pesquisa, estava como supervisor da área de Química do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Atua desde 2013 como professor de Química efetivo em uma das escolas de ensino médio do município.

O professor Pedro é formado em Farmácia e Bioquímica, possui complementação pedagógica em Química, especialização em docência no Ensino Superior e atua em escolas públicas há 15 anos, além de escolas particulares e cursinho pré-vestibular. Também atua em parceria com a universidade como professor supervisor de estágio obrigatório do curso de Licenciatura em Química.

O professor Antônio é licenciado em Química, possui mestrado e doutorado em Química, com área de concentração em Química Inorgânica. Atua em uma escola pública há um (1) ano e como professor supervisor de estágio obrigatório do curso de Licenciatura em Química.

A professora Ana é licenciada em Química e possui mestrado em Química, com área de concentração em Química Inorgânica. Atua como professora de escola pública há 8 anos, sendo também professora supervisora de estágio obrigatório do curso de Licenciatura em Química. Ela está finalizando o curso de Pedagogia e pretende fazer doutorado em Educação.

## 7.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE INFORMAÇÕES

As informações foram coletadas por diferentes técnicas de pesquisa, considerando os objetivos pretendidos. Para compreender a maneira como os professores ensinam o conceito de EQ, as dificuldades que consideram que os alunos possuem para entender o conceito e suas dificuldades ao ensiná-lo utilizou-se a entrevista semiestruturada e a gravação de áudio, além do registro em diário de campo. Para avaliar a contribuição da SD para a aprendizagem do

conceito de EQ, utilizou-se questionários antes e após implementação da SD, gravação audiovisual durante e registro em diário de campo durante a implementação.

Entende-se a entrevista semiestruturada como sendo uma ferramenta que favorece não só a descrição dos fenômenos sociais, mas também a explicação e compreensão de sua totalidade (SZYMANSKI et al., 2004). Este tipo de entrevista pode conter questões fechadas e abertas, sendo possível que o entrevistado discorra sobre o tema sem, necessariamente, se prender à pergunta formulada (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009).

No sentido mais amplo, as entrevistas são consideradas como uma comunicação verbal e, no sentido mais restrito, como instrumento de coleta de informações sobre um conteúdo específico, podendo ser diferenciadas de acordo com a sua forma de organização. As informações obtidas por meio das entrevistas podem ser divididas, de acordo com a sua natureza, em objetiva e subjetiva, sendo a primeira constituída de fatos concretos e, a segunda, de atitudes, valores e opiniões, que só podem ser obtidos com a contribuição dos sujeitos envolvidos (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009). No caso desta pesquisa utilizou-se da entrevista semiestruturada porque buscava-se compreender quais as dificuldades que os professores enfrentavam no planejamento e durante as aulas, principalmente para ensinar conteúdos abstratos que demandam outros recursos para auxiliar o ensino e aprendizagem. As questões eram abertas, sendo possível que o entrevistado demonstrasse seu ponto de vista sobre o tema em questão como a sua formação inicial e a forma como impacta na sua atuação, as condições de trabalho e o comportamento dos alunos e o impacto disso no seu desempenho em sala de aula, entre outros temas. A sua natureza era objetiva porque fundamentalmente é constituída de fatos concretos, sendo estes a prática em sala de aula e a organização do conteúdo.

A entrevista favoreceu uma maior aproximação entre pesquisadora e sujeito no sentido de possibilitar o entendimento de questões que surgiram ao longo das entrevistas, as quais não poderiam ser previstas em um questionário. A organização da entrevista contribuiu para que os sujeitos pudessem expor questões referentes à sua formação, à organização da escola, ou até mesmo, relacionadas ao reconhecimento da profissão.

As informações objetivas coletadas a partir destas entrevistas estão relacionadas, principalmente, ao planejamento do conteúdo e à disponibilidade de recursos fornecidos pelas escolas. Para alguns destes professores o planejamento do conteúdo não foi feito considerando o calendário das escolas, pois ao final de um período precisam planejar novamente devido a carga horária disponível da disciplina. As informações subjetivas estão principalmente relacionadas com a maneira que desenvolvem o conteúdo em sala de aula, alguns professores

encontram dificuldades em lidar com o comportamento dos alunos, planejar o ensino do conceito, considerando que os alunos possuem pouco conhecimento em cálculo e interpretação de textos.

Sendo assim, as questões direcionadoras para a coleta das informações sobre a formação inicial, a estratégia que utilizam para ensinar conteúdos de química e a forma como planejam o conteúdo foram: a. Por que você escolheu ser professor?; b. Fale da sua experiência enquanto professor no ensino de Química; c. Fale como você planeja suas aulas de Química; d. Fale como você desenvolve suas aulas de Química com os alunos; e. Fale como você seleciona a sequência de conteúdos que você ensina; f. Ao planejar o ensino, você considera novas maneiras de ensinar os conceitos?; g. Você já ensinou o conceito de equilíbrio químico?; h. Descreva um pouco como você fez para ensinar, ou como você faria para ensinar, o conceito de equilíbrio químico; i. Fale das dificuldades que você encontrou, ou que você imagina encontrar, ao ensinar o conceito de equilíbrio químico; j. Quais foram as dificuldades dos alunos em compreender o conceito de equilíbrio químico?; k. Quais conteúdos você considera importante o aluno saber, para aprender o conceito de equilíbrio químico?

Já o questionário é entendido como sendo um conjunto de perguntas sobre determinado assunto (GÜNTHER, 2003). Assim, foi elaborado um conjunto de perguntas sobre os conteúdos científicos escolares de Química, que seriam fundamentais para um melhor entendimento do conceito de EQ.

A compreensão do conceito de EQ depende do entendimento de outros conceitos, tais como reações químicas, transformações química e física, substâncias, elementos, átomos e misturas (QUÍLEZ, 2009), portanto o questionário I foi dividido em 7 questões que abordaram principalmente estes conteúdos citados acima. O questionário II continha questões que consideravam estes conceitos abordados no questionário I e também referentes ao conceito de equilíbrio químico estudado ao longo da SD. Adiante, apresentamos em uma tabela estas questões:

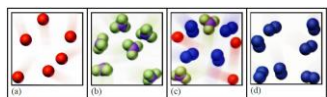
## Quadro 2 Questões utilizadas no questionário prévio (questionário I)

## QUESTÃO

## CONCEITOS

## OBJETIVO

Observe as imagens abaixo e responda as questões:



Das substâncias representadas acima, indique:

Em quais sistemas tem-se a representação de substâncias simples. Em quais sistemas tem-se

a representação de substâncias compostas.

Nesta questão foram abordados os conceitos de elemento, átomo, substâncias e misturas.

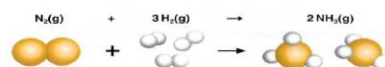
Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão a partir da visualização de imagens.

Considere os sistemas A e B e identifique a diferença representada por meio das equações química. Justifique a representação. Sistema A:  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(g)} + \text{HCl}_{(g)}$  Sistema B:  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_3_{(g)} + \text{HCl}_{(g)}$ .

Nesta questão foram abordados os conceitos de reação química e reversibilidade.

Verificar se os alunos concebem o conceito de reversibilidade a partir das informações dadas pelas equações químicas.

Observe a imagem abaixo e responda as questões a seguir:



Quantos mols de cada substância estão envolvidos nesta reação? Quais são os reagentes da reação química? Quais são os produtos da reação química? O que você entende por reação química?

Nesta questão foram abordados os conceitos de reação química.

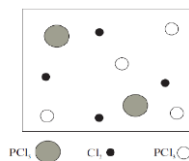
Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão a partir da visualização de imagens.

A taxa de desenvolvimento de uma reação química depende: I. Do número de colisões entre as moléculas na unidade de tempo. II. Da energia cinética das moléculas envolvidas na reação. III. Da orientação das moléculas. Estão corretas as alternativas: a. I, II e III. | b. I. | c. II. | d. I e II. | e. I e III. Justifique sua resposta.

Nesta questão foram abordados os conceitos de reação química, taxa de desenvolvimento da equação, transformação química.

Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão.

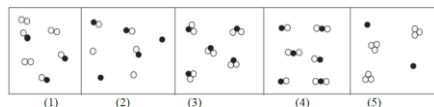
A figura apresentada abaixo poderia ser uma representação de um sistema onde ocorre a reação:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ ? Explique.



Nesta questão foram abordados os conceitos de reação química, reversibilidade, sistema em equilíbrio químico.

Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão a partir da visualização de imagens.

Na imagem abaixo estão representados 5 sistemas químicos gasosos que podem ter uma ou várias substâncias. Cada bola representa um átomo, e as que possuem a mesma cor representam átomos iguais.



Nesta questão foram abordados os conceitos de elemento, átomo, substâncias e misturas.

Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão a partir da visualização de imagens.

**Indique quantas substâncias há em cada sistema e explique de acordo com seu critério utilizado.**

|            |
|------------|
| 1 mol de A |
| 1 mol de B |

O sistema da figura 1 está em equilíbrio sob uma certa temperatura, de acordo com a equação:  $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g})$

Figura 1

Dados os seguintes sistemas, à mesma temperatura, na qual os compostos A e B estão separados como mostram as figuras 2 e 3.

Assinale a afirmação que você considera correta:

( ) Os gases A e B estão em equilíbrio somente quando estão no sistema representado na figura 2. ( ) Os gases A e B estão em equilíbrio somente quando estão no sistema representado na figura 3. ( ) Nos dois sistemas (2 e 3) os gases A e B estão em equilíbrio. ( ) Em nenhum dos dois sistemas (2 e 3) os gases A e B estão em equilíbrio. ( ) Não sei.

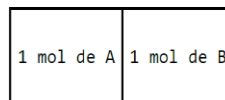


Figura 2

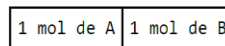


Figura 3

Nesta questão foi abordado o conceito de equilíbrio.

Verificar a compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados nesta questão a partir da visualização de imagens.

No quadro 2 foram apresentadas as questões presentes no questionário I, questionário utilizado no início da SD para analisar o conhecimento dos alunos com relação aos conceitos necessários para aprender EQ. A segunda coluna deste quadro apresenta quais os conceitos buscava-se investigar com relação à questão e a terceira coluna o objetivo de utilizar determinadas questões. A seguir apresenta-se um quadro sobre o questionário II:

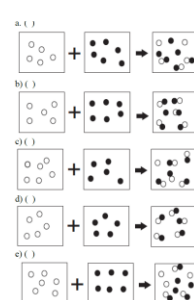
Quadro 3 Questões utilizadas no questionário final (questionário II)

| QUESTÃO  | CONCEITOS  | OBJETIVO   |
|--|--|--|
| <p>Considere um recipiente contendo quantidades iguais de <math>I_{2(g)}</math> e <math>H_{2(g)}</math>, à mesma temperatura. Quando em contato, os dois gases reagem entre si, até que o sistema atinja um estado de equilíbrio, como descrito na equação <math>H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}</math></p> <p>Considerando o conceito de equilíbrio químico e as propriedades das moléculas gasosas, construa uma representação deste sistema em estado de equilíbrio e justifique sua resposta.</p> | <p>Nesta questão foram abordados os conceitos de substância, reação química, reversibilidade e equilíbrio químico.</p> | <p>Verificar se os alunos conseguem construir uma representação do sistema proposto a partir do que foi estudado ao longo da SD.</p> |
| <p>Diga com suas palavras o que entende por sistema em equilíbrio químico.</p>   | <p>Nesta questão foi abordado o conceito de equilíbrio químico.</p>  | <p>Verificar se os alunos conseguem conceituar equilíbrio químico a partir dos estudos ao longo da SD.</p>                           |
| <p>Diga com suas palavras o que você entende por equilíbrio dinâmico.</p>  | <p>Nesta questão foi abordado o conceito de equilíbrio dinâmico</p>  | <p>Verificar se os alunos conseguem conceituar equilíbrio dinâmico a partir dos estudos ao</p>                                       |



longo da SD

As imagens abaixo representam um sistema composto pela reação  $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$ . Dentre as imagens a seguir escolha aquela que melhor representa o sistema em estado de equilíbrio químico



Nesta questão foram abordados conceitos de substância, reação química, reversibilidade e equilíbrio químico. Verificar se os alunos conseguem identificar um sistema em equilíbrio químico a partir de imagens, e considerando os conceitos estudados ao longo da SD.

Fontes: FURIO, C. J. e ORTIZ, E. Persistencia De Errores Conceptuales En El Estudio Del Equilibrio Químico. *Enseñanza De Las Ciências*, 1983.  
 BROWN, T. L.; JR., H. E. L. e BURSTEN, B. E. *Química, A Ciência Central*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.  
 FONSECA, M. R. M. *Química*. São Paulo: Ática, 2015.

No Quadro 3 foram apresentadas as questões presentes no questionário II, questionário utilizado no final da SD para analisar o conhecimento dos alunos com relação ao conceito de EQ. A segunda coluna deste quadro apresenta quais os conceitos buscaram-se investigar com relação à questão e a terceira coluna o objetivo de se utilizar determinadas questões.

Durante as aulas é necessário captar a dinâmica em sala de aula, diálogos, movimentação e organização dos alunos, apontamentos, explicação dos alunos e professores, para isso somente com o uso de gravadores de áudio não seria possível capturar essa gama de informações. Para registrar o debate dos alunos com relação ao tema lâmpada, não só na interação com as professoras, mas também os debates em cada grupo, as demonstrações dadas por eles, e ainda o comportamento de cada sujeito, contribui para o agrupamento de maior número de informações no relato, favorecendo o processo de análise.

O recurso de vídeo-gravação é adequado para estudar fenômenos complexos como a prática docente, pois demanda um conjunto de ações humanas, com muitas pessoas envolvidas, que se tornam complexas e difícil de serem descritas de maneira completa por um único pesquisador (SADALLA; LAROCCHA, 2004).

Em diário de campo foram registradas as observações durante as entrevistas, a implementação da SD e as observações dos professores e da pesquisadora. Entende-se que o diário de campo é um dos principais instrumentos utilizados durante uma pesquisa, podendo ser manuscrito ou digital (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009).

Durante a entrevista foi utilizado um gravador de áudio somente para as respostas às questões, o registro em diário foi necessário para descrever o contato com a escola e com os supervisores e diretores, assim como a apresentação do projeto ao professor e as conversas antes e após a entrevista que não foram registradas por meio da gravação. As impressões conforme a organização de sala de aula, recursos utilizados pelos professores, organização do material da escola, reuniões que a pesquisadora participou para apresentar o projeto aos demais professores foram registradas em diário de campo, todos esses registros, por mais que não apareçam seus dados neste manuscrito, contribuíram para caracterizar e conhecer melhor os sujeitos participantes.

### 7.3 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O primeiro contato com as escolas aconteceu no segundo semestre do ano de 2016 e foi o momento em que foi apresentado o projeto de pesquisa para os diretores e os coordenadores pedagógicos. Considerando que as escolas estavam no processo de ocupação em protesto à Proposta de Emenda Constitucional - PEC 241<sup>2</sup>, os gestores decidiram por não participarem da pesquisa. No início do ano de 2017, foi feito contato novamente e o projeto de pesquisa foi reapresentado aos gestores e professores, em um total de (5) cinco escolas públicas na cidade, apenas (3) três concordaram em participar da pesquisa, com relação aos professores em um total de (9) nove, apenas (4) quatro manifestaram interesse em participar da pesquisa.

As escolas estão localizadas em regiões urbanas diferentes da mesma cidade. Para esta pesquisa serão analisadas as informações de uma das escolas, que se localiza em um prédio no centro da cidade. Foi fundada em 1962 por uma iniciativa particular, vindo a se tornar no ano seguinte encampada pelo governo do Estado. Desde o início foi pensada para atender a população de jovens e crianças de classe social média e baixa, no intuito de promover a educação destes sujeitos.

Considerando a necessidade de compreender as dificuldades em ensinar o conceito de equilíbrio pelos professores, foram realizadas entrevistas que buscavam conhecer como os professores planejavam e implementavam o estudo do conceito em questão. Com as informações foi possível planejar com os professores uma sequência de atividades para o estudo deste conteúdo.

Para isso foram realizadas reuniões nas escolas com os professores, somando um total de 15 reuniões. As reuniões aconteciam na sala dos professores, somente entre a pesquisadora e os professores. Durante estes encontros discutiram-se quais poderiam ser as atividades de ensino e em qual sequência poderiam ser trabalhadas pelos professores. Com as informações das entrevistas, elaborou-se uma proposta de SD que foi apresentada aos professores. Nesta proposta sugeriu-se a utilização de determinados recursos, tais como modelos, atividades teórico-experimentais, imagem, softwares e textos, as quais seriam discutidas com os professores sobre a viabilidade de implementá-las, portanto, considerou-se que os professores poderiam alterar a proposta. Após a discussão ficou decidido que a imagem seria o recurso utilizado para explicar o sistema da lâmpada halógena que seria o tema a ser trabalhado para buscar a aprendizagem do conceito de EQ. As imagens foram elaboradas pela pesquisadora

---

<sup>2</sup> A Proposta de Emenda Constitucional 241, apresentada no ano de 2016 e aprovada na câmara dos deputados e do senado para início de 2017, prevê um teto para os gastos públicos, os protestos contra esta medida se deu no sentido de buscar evitar que os investimentos na área de saúde e educação fossem reduzidos.

em colaboração com outros pesquisadores do grupo. Além disso, foi elaborada uma maquete com diferentes tipos de lâmpadas para discutir o tema lâmpadas e estudar o sistema de funcionamento da lâmpada halógena.

Em síntese, elaborou-se em colaboração com os professores uma SD visando ensinar o conceito de EQ na abordagem CTS, de forma que se atendesse às necessidades das escolas, dos professores e dos alunos, segundo a perspectiva dos professores. Considerando a fundamentação teórica da abordagem CTS, a SD iniciou com uma questão problematizadora de cunho socialmente relevante, sendo esta a seguinte: *Como o descarte inadequado de lâmpadas pode impactar o meio ambiente?*

A questão da sequência surgiu a partir de uma situação vivenciada em uma escola em que a pesquisadora participava enquanto aluna do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência-PIBID<sup>3</sup>. Durante o planejamento de uma das atividades do PIBID, a pesquisadora vivenciou uma situação em que haviam lâmpadas fluorescentes quebradas e descartadas no chão de um depósito, com vidros expostos, sendo este local frequentado tanto por funcionário quanto por alunos. Ao investigar em outras escolas do município, verificou-se que o descarte das lâmpadas não era feito de maneira correta, e nem separavam este material dos materiais recicláveis. Esta situação de descarte inapropriado para as lâmpadas, tornou-se uma motivação para a problematização proposta pela pesquisadora.

Considerando a necessidade de compreender as contribuições da SD para a aprendizagem deste conceito, foi elaborada uma sequência de atividades a ser desenvolvida em oito (8) aulas, estas atividades são detalhadas na tabela a seguir:

---

<sup>3</sup> O PIBID é um programa que oferece bolsas aos alunos dos cursos de licenciatura presenciais que se dediquem aos estágios em escolas públicas, criando um vínculo entre futuros professores e a rede pública de ensino. Os alunos participantes recebem uma bolsa para realização das atividades propostas pelos grupos em que estão inseridos.

Quadro 4: Atividades da Sequência Didática

| Atividade                                | Objetivo  | Como foi realizada  |
|--|---|---|
| Estudo do tema “Lâmpadas Halógenas”      | Levantar os conhecimentos dos alunos com relação ao tema lâmpadas, buscando refletir questões relacionadas ao impacto ambiental e aos benefícios do desenvolvimento de novos materiais para as lâmpadas.          | Foi utilizada uma maquete com diferentes tipos de lâmpadas (incandescente, halógena, fluorescente e LED) e se questionou as diferenças dos materiais, dos sistemas, da eficiência e da composição.  |
| Estudo da composição das lâmpadas        | Levar os alunos a compreenderem o funcionamento das lâmpadas, em especial da lâmpada halógena e conhecer suas composições químicas. Refletir sobre o impacto do descarte no meio ambiente a partir da composição. | Com o auxílio das imagens foi realizado o estudo sobre o funcionamento das lâmpadas, em especial da lâmpada halógena. Também foi discutido com os alunos os diferentes tipos de materiais que constituem as lâmpadas e as consequências, para o meio ambiente, de um descarte inadequado.                       |
| Estudo das reações                       | Reconhecer as reações que ocorrem no sistema de funcionamento das lâmpadas de halogênio e compreender a reversibilidade destas ao longo do tempo.   | Utilizando como exemplo o sistema de funcionamento das lâmpadas halógenas e, por sua vez, as reações dentro do sistema, foi possível estudar o desenvolvimento destas reações ao longo do tempo, bem como os fatores que podem influenciá-lo. Portanto, para o estudo consideramos o Princípio de Le Chatelier. |
| Estudo do conceito de equilíbrio químico | Levar os alunos a compreenderem o conceito de equilíbrio químico, buscando generalizar a aplicação deste conceito para outros sistemas.   | Com o auxílio dos gráficos construídos em sala de aula para explicar o comportamento das reações que ocorrem na lâmpada halógena, foi possível analisar gráficos de outras reações que  |

---

apresentavam as mesmas variáveis, sendo que assim o conceito de equilíbrio químico também poderia ser apropriado para explicar outros sistemas.

---

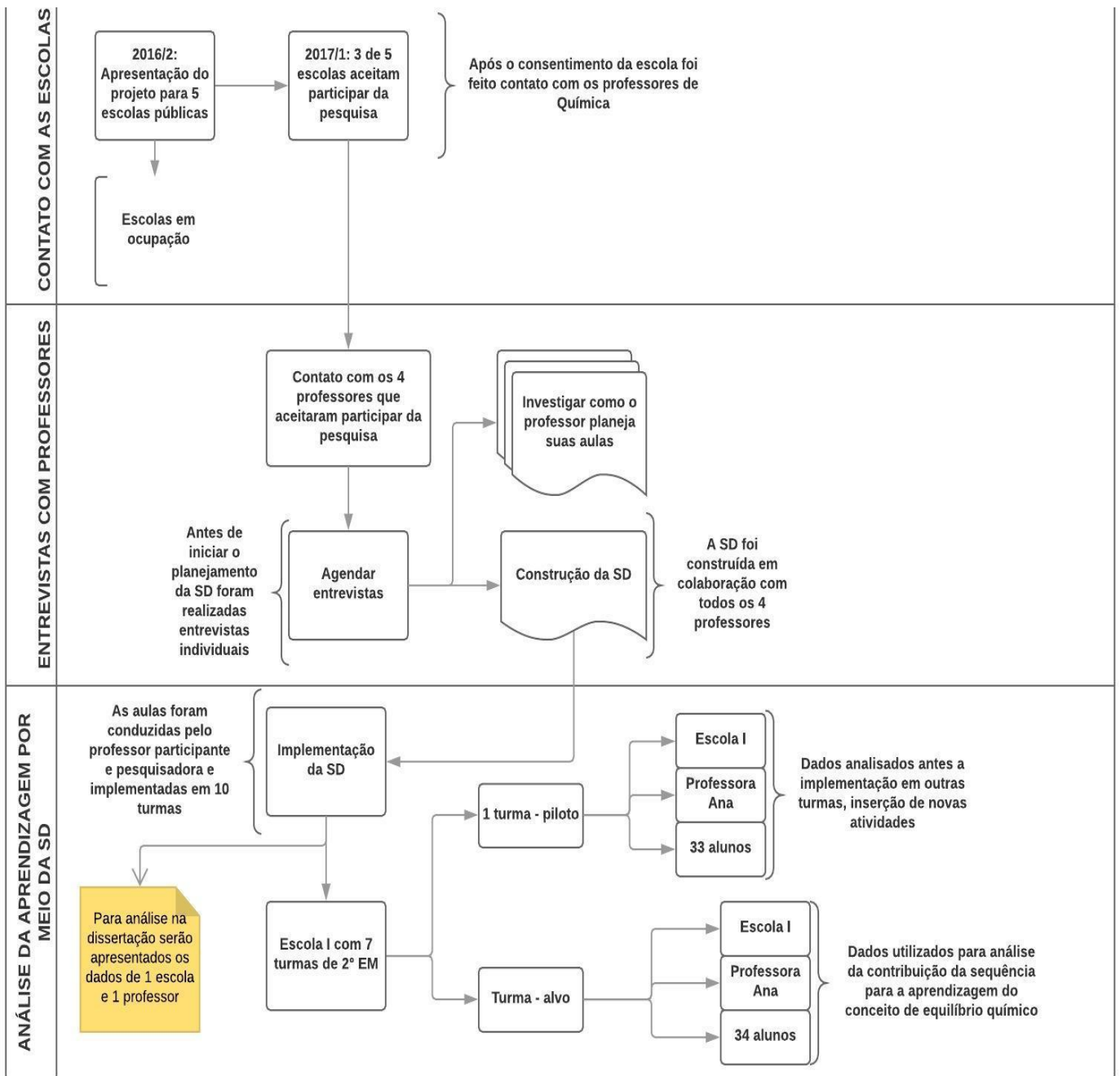
|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| Problematização. | Refletir sobre a problemática do descarte de lâmpadas em locais inapropriados e elaborar uma proposta de solução ao problema. | As discussões foram realizadas durante as aulas, sempre que o tema era retomado, ao final da sequência os alunos, em grupo, deveriam construir um texto que apresentasse a reflexão do tema propondo uma solução para este. |
|------------------|---|---|

---

Fonte: Da autora.

Após o planejamento da SD, com a intenção de compreender as contribuições da SD para a aprendizagem do conceito de EQ pelos alunos do segundo ano de ensino médio das escolas participantes da pesquisa, utilizou-se como instrumentos de coleta de informações, questionários antes e após a intervenção, vídeo-gravação durante as aulas para registrar o processo de implementação da SD e diário de pesquisa para registrar as observações da pesquisadora durante o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 5 - Fluxograma demonstrando o desenvolvimento da pesquisa em relação às etapas de coleta e análise das informações.



Fonte: Da autora.

#### 7.4 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O desenvolvimento da sequência foi feito em salas de aula das escolas participantes, durante as aulas de química. Com o planejamento tinha-se uma previsão do número de aulas necessárias, sendo um total de oito (8) aulas, ou seja, quatro (4) semanas. Todas as aulas foram realizadas com os respectivos professores da disciplina, pois como os professores participaram de todo o processo de construção e elaboração da sequência seriam capazes de desenvolver as atividades juntamente com a pesquisadora.

As atividades que envolviam as etapas de coleta de informações para a pesquisa como a aplicação dos questionários, as produções dos alunos para fins de pesquisa, a apresentação da maquete e o estudo das imagens foram realizadas, principalmente, pela pesquisadora, com participação dos professores em alguns momentos para auxiliar na explicação da atividade. Já nas atividades que envolviam o processo de construção do conhecimento como a retomada do conteúdo químico que os alunos possuíam dificuldades, ou ainda que fossem necessários para se compreender o novo conceito, teve maior participação do professor da disciplina, sendo que em alguns momentos discussão foi conduzida por meio de um diálogo entre pesquisadora – professora – alunos.

Na primeira aula da sequência foi trabalhado um questionário para o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos em relação aos subsunçores<sup>4</sup> para aprender o conceito de EQ. As respostas dos alunos foram analisadas pela pesquisadora, juntamente com a professora da disciplina, e identificou-se compreensões equivocadas dos alunos em relação a determinados conceitos, como por exemplo, definir substância como “elemento químico”, ou ainda, dizer que “substância é a quantidade de matéria”. Assim, ainda que o planejamento da atividade da próxima aula estivesse finalizado, foi necessário o replanejamento da primeira

---

<sup>44</sup> O novo conhecimento a ser adquirido relaciona-se com outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. A estrutura cognitiva é particular para cada aprendiz e o processo da aprendizagem significativa incide no fato de que as novas ideias ou informações se relacionem àquilo que o sujeito já sabe, ou seja, àquilo existente em sua estrutura cognitiva em uma determinada área do conhecimento (AUSUBEL, 2000).

Os conhecimentos especificamente relevantes presentes na estrutura cognitiva do sujeito são denominados por Ausubel de *subsunçores*. São estes conhecimentos prévios que servirão de matriz organizacional para a incorporação, compreensão e apreensão dos novos conhecimentos, pois estes se fixam aos subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva (MOREIRA; MASSONI, 2016).



atividade da aula seguinte, a fim de se discutir com os alunos estas concepções equivocadas, por eles reveladas.

Na segunda aula foi dado início às atividades planejadas para a SD, antes desta aula foi feita uma análise prévia dos questionários, buscando conhecer quais as dificuldades apresentadas pelos alunos em relação aos conteúdos químicos. A aula iniciou com apresentação do tema escolhido aos alunos, nesta etapa os alunos foram questionados sobre os tipos de lâmpadas que conheciam, quais destas são utilizadas em casa e na escola, em uma das turmas encontramos uma aluna que trabalhava com iluminação de eventos, portanto foi possível debater com os alunos a variedade destes materiais. Para esta aula utilizamos uma maquete com diferentes tipos de lâmpadas, como: lâmpada incandescente, de halogênio, fluorescente e LED. A maquete foi construída pela pesquisadora para que os alunos pudessem perceber a diferença de luminosidade (tipo de luz emitida) e para discutir as questões relativas ao valor comercial delas, comparando o gasto de energia e o seu tempo de durabilidade. Além disso, a estrutura, o formato e a composição do material possibilitou discutir a finalidade e o sistema de funcionamento das lâmpadas. Ao final desta aula pediu-se para que os alunos elaborassem em grupo uma hipótese para as possíveis causas do descarte inadequado destes materiais.

Figura 6 - Maquete com quatro tipos de lâmpadas desligadas



Fonte: Da autora.

Figura 7 - Maquete com quatro tipos de lâmpadas ligadas



Fonte: Da autora.

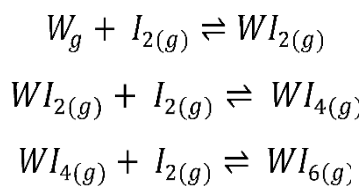
Figura 8 – Aula durante o desenvolvimento da SD em uma das escolas participantes



Fonte: Da autora.

Na terceira aula desta sequência focalizamos o estudo na composição e funcionamento das lâmpadas. Na quarta aula foi realizado o estudo das reações que acontecem no interior da lâmpada halógena, bem como o que caracteriza reações reversíveis, e quais os fatores podem afetar o funcionamento deste sistema. Para esta aula foram utilizadas as imagens elaboradas pela pesquisadora, para que os alunos pudessem construir uma representação deste sistema.

Para discutir o sistema de funcionamento das lâmpadas e o conceito de reversibilidade da reação, considerou-se o sistema de funcionamento da lâmpada halógena aprofundando a explicação para o sistema utilizando as seguintes equações:



Na quinta e sexta aula foi desenvolvida uma atividade teórica experimental, sugerida por um dos professores, para que se pudesse estudar melhor a relação de alguns aspectos de sistemas em equilíbrio, envolvendo o estudo de reações reversíveis e irreversíveis. Na primeira aula os alunos realizaram um experimento e na segunda aula estudaram-se os aspectos teóricos que explicam o comportamento daquele sistema e a construção dos gráficos juntamente com a turma. Estas aulas foram utilizadas para construir com a turma os conceitos de equilíbrio químico e equilíbrio dinâmico

Buscou-se construir com os alunos a ideia de que um sistema está em equilíbrio químico quando, *em determinadas condições de pressão e temperatura, as propriedades macroscópicas do sistema não sofrem alteração, porém as propriedades submicroscópicas, relativas às transformações das substâncias, permanecem em evolução por se tratar de um equilíbrio dinâmico*. Neste sentido, trabalhou-se as relações entre as velocidades das reações direta e inversa dentro de um sistema em equilíbrio, em que se considera a reação direta como sendo aquela em que há formação de produtos e a reação inversa àquela em que há formação dos reagentes.

Na sétima aula retomou-se o que foi estudado ao longo da sequência e pediu-se para que os alunos apresentassem uma resposta para a questão problema, elaborando estratégias que pudessem ser realizadas para diminuir o impacto ambiental do descarte inadequado e promover o consumo consciente, esta atividade foi realizada em grupo. Pediu-se que os alunos refletissem e buscassem construir suas respostas utilizando tudo o que foi discutido nas aulas anteriores.

Na oitava e última aula, foi trabalhado um questionário com questões referentes aos conteúdos químicos estudados ao longo das aulas. A análise destes questionários foi realizada e os resultados das atividades discutidos com a professora da turma.

Finalizada as etapas de implementação, em colaboração com os professores participantes da pesquisa, as atividades da sequência foram avaliadas e reelaboradas, na perspectiva de propor uma sequência de atividades que pudesse buscar a efetiva aprendizagem do conceito de EQ.

## 7.5 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

As respostas dos questionários foram organizadas em categorias, de acordo com o nível de compreensão conceitual dos alunos. Estes níveis diferenciaram-se em **a. compreensão conceitual adequada; b. compreensão conceitual parcialmente adequada; c. compreensão conceitual inadequada; e d. não respondeu.** Por compreensão conceitual adequada entende-se como as respostas que os alunos explicam os conceitos de acordo com o conceito científico escolar, descrito nos livros didáticos adotados pelas escolas participantes da pesquisa. Da mesma forma, foram consideradas respostas inadequadas conceitualmente àquelas que descrevem o conceito em contradição ao prescrito nos livros didáticos. Estas categorias foram construídas a partir das definições apresentadas nos livros didáticos para ensino médio, portanto, não apresentam o aprofundamento conceitual do nível do ensino superior.

Utilizou-se o software Nvivo<sup>®</sup> para auxiliar no processo de análise qualitativo, este é um software que consiste em um sistema de indexação e também de categorização de informações e/ou dados provenientes de textos, áudios, vídeos, imagens, possibilitando a exploração dessas informações não estruturadas (MOZZATO; GRZYBOVSKI; TEIXEIRA, 2016). Assim no momento em que foi necessário construir as categorias e subcategorias de análise teve-se um auxílio tecnológico, facilitando este processo, e também a organização do texto da análise dos dados pode ser feita baseada nos principais eixos de análise construídos.

Quadro 5: Descritores das categorias de análise

|            | CATEGORIAS  |   |  |   |  |
|------------|---|---|--|---|--|
|            | Compreensão adequada  | Compreensão parcialmente adequada   | Compreensão inadequada   | Ausência de resposta  |  |
| Substância | Respostas que consideram que substância possui propriedades definidas, determinadas e praticamente invariáveis nas mesmas condições de temperatura e pressão. | Respostas que apresentam alguns termos característicos da definição, como: especificidade, características, invariabilidade, definição  | Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos.  | Quando o aluno não apresenta a resposta à questão ou menciona que não sabe responder o que foi solicitado.    |  |
| CONCEITO   | Reação Química  | Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de <i>“Transformação da matéria em que há mudanças nas substâncias reagentes resultando na formação de um ou mais produtos.”</i> | Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos <i>“transformação química”</i> <i>“formação de substâncias diferentes”</i> <i>“modificação nas espécies reagentes”</i> | Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. | Quando o aluno não apresenta a resposta à questão ou menciona que não sabe responder o que foi solicitado. |
|            | Reversibilidade   | Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de <i>“propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior”</i>                                   | Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos <i>“reação reversível”</i> <i>“produtos podem formar reagentes e reagentes formam produtos”</i>                        | Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. | Quando o aluno não apresenta a resposta à questão ou menciona que não sabe responder o que foi solicitado. |
|            | Equilíbrio  | Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de <i>“estado ou condição do que se mantém constante, inalterado; estabilidade”</i>  | Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos <i>“igualdade”</i> <i>“constante”</i>  | Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. | Quando o aluno não apresenta a resposta à questão ou menciona que não sabe responder o que foi solicitado. |

---

|                    |  |   |   |  |
|--------------------|--|---|---|--|
| Equilíbrio Químico | Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de <i>“As propriedades macroscópicas de um sistema em equilíbrio químico, permanecem constantes e as propriedades microscópicas, como transformação de uma substância em outra, permanecem em evolução, pois o equilíbrio químico é dinâmico”</i> | Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos <i>“propriedades constantes” “não há alterações visíveis no sistema” “Composição constante”</i> | Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. | Quando o aluno não apresenta a resposta à questão ou menciona que não sabe responder o que foi solicitado. |
|--------------------|--|---|---|--|

---

Acima no quadro 5 apresenta-se as categorias criadas a partir da análise das respostas dos alunos. Para analisar as respostas utilizou-se os conceitos científicos presente na literatura e estes serviram como parâmetro para dizer o quanto se aproxima a resposta do aluno do conceito adotado cientificamente e a partir desta comparação organizou-se as respostas em categorias.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção trata da análise das informações coletadas e discute-se os resultados à luz do referencial teórico. As informações coletadas durante a pesquisa foram analisadas de acordo com a técnica de Análise de Conteúdo, conforme o seguinte procedimento: a pré-análise, a exploração do material e, por último, o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. O procedimento adotado possibilitou a construção das categorias de análise, sendo estas elaboradas à partir do material coletado (BARDIN, 2016).

Por categoria entendemos que sejam classes que reúnem um grupo de elementos sob um título genérico, este agrupamento é efetuado em razão das características comuns destes elementos. O processo de categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, primeiro por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento, de acordo com critérios previamente definidos. Este processo ajuda o investigador a delinear e caracterizar melhor sua amostra para discussão de acordo com o referencial adotado (BARDIN, 2016).

Este capítulo foi dividido em (2) duas seções, incluindo validação da SD e suas contribuições para a aprendizagem, correspondendo aos objetivos específicos desta pesquisa: I – Validação da SD: a) Contribuição dos professores para a construção da SD; b) Análise dos livros-texto; II Contribuição da implementação da SD para aprender o conceito de equilíbrio químico, a análise da sequência será dividida em duas partes sendo: i) análise geral da contribuição para aprender o conceito de equilíbrio químico; ii) análise do desenvolvimento dos alunos.

### 8.1 VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para a validação da SD podem ser adotadas duas estratégias: uma validação interna e/ou uma validação externa ou comparativa. A avaliação comparativa é feita por meio de um procedimento em que se utiliza pré-teste e pós-teste na tentativa de comparar os efeitos de SD de pesquisa com os do ensino usual.



Neste ponto têm-se um comparativo que seriam as sequências adotadas pelo professor que já ensinou EQ, para investigar essa questão utilizou-se da entrevista com os professores buscando suas contribuições para a construção da SD, os dados das análises são apresentados adiante

### **8.1.1 Contribuição dos professores para a construção da SD**

Para compreender de que maneira os professores ensinavam ou planejam ensinar o conceito de EQ e, levantar as informações sobre as dificuldades que consideram ter os alunos para entender este conceito, foram realizadas entrevistas antes do planejamento da SD e durante a sua implementação em sala de aula. As informações obtidas a partir das entrevistas mostraram que os professores planejam, para o ensino do conteúdo de EQ, uma sequência de atividades baseada nos LD e no Currículo Básico Comum<sup>5</sup> (CBC). Os professores, em geral, relacionam as dificuldades em se ensinar e aprender o conteúdo de EQ com o fato de os alunos não saberem interpretar textos, ou enunciados de questões, e ainda, não conseguir realizar cálculos matemáticos básicos.

A principal delas (dificuldade) é relacionada à Matemática e à interpretação[...] os alunos chegam, às vezes, deficientes nos cálculos matemáticos,[...] na compreensão e principalmente na interpretação de exercícios (Professor João)

Devido às dificuldades identificadas pelos professores o planejamento inicial do conteúdo é comprometido e escolhem deixar de ensinar alguns conteúdos para cumprir o tempo estipulado pelo calendário escolar. Alguns pesquisadores já identificaram que tais dificuldades podem influenciar na aprendizagem dos conteúdos da disciplina de Química. Rodrigues (2015) ressalta a importância da interpretação do texto para que os alunos compreendam quais as informações fornecidas, seja no material ou no enunciado do exercício, pois muitas vezes a dificuldade não recai sobre a aprendizagem do conteúdo

---

<sup>5</sup> Currículo Básico Comum ou CBC é uma proposta do Estado de Minas Gerais que busca orientar o ensino nas escolas públicas do estado, é um documento criado a partir de propostas temáticas, considerando um currículo em espiral, ou seja, os conteúdos são abordados em níveis diferentes conforme a sua evolução.

químico. Quadros et al (2011) argumenta que, quando o ensino é centrado no uso de fórmulas e cálculos, existe uma tendência à maior dificuldade de aprendizagem dos alunos. Além desta, consideram que os alunos têm pouco conhecimento sobre os conteúdos químicos necessários para se aprender EQ.

Primeiramente os professores foram questionados em relação ao planejamento do conteúdo de EQ, depois buscamos entender a forma como desenvolviam suas aulas, no caso se procuravam trabalhar temas e/ou utilizar recursos que facilitavam o aprendizado dos alunos. Em relação ao planejamento afirmam que partem de um tema principal e que buscam uma maneira de fazer aproximações e inter-relações entre o conhecimento científico escolar e fatos, situações ou fenômenos que tenham sentido para os alunos. Dentre os materiais disponíveis, utilizam o LD, material aprovado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) adotado pela escola participante, para auxiliar no planejamento de suas aulas, seguindo a sua sequência de conteúdos e os exemplos contidos em cada material. Além do mais, planejam considerando também os conteúdos químicos que estiveram presentes nos Exames Nacionais do Ensino Médio (ENEM) dos anos anteriores. Um exemplo é citado a seguir

[...] eu planejo minha aula usando como raciocínio para o aluno entrar no ENEM [...] eu fiz uma relação dos 11 tópicos que mais caem no ENEM, eu trabalho com o ENEM desde quando começou e [...] Vendo na internet em sites e, também, pela experiência que a gente tem, quais são os tópicos que mais caem, então eu tento trabalhar com eles em cima disso [...]. (Professor Pedro)

Eu procuro organizar aquilo que eles vão necessitar quando eles forem aplicar isso, ou num vestibular ou no ENEM, ou até mesmo em coisas do dia a dia. Eu priorizo, principalmente, a questão de quem [...] tem interesse, depois, de prestar uma prova relacionada à Química. E penso na sequência também, se eu estou dando aula no primeiro ano, o que ele vai necessitar de base para o segundo ano. O que o segundo vai necessitar para o terceiro, porque não dá infelizmente para dar todo o conteúdo do ano, no caso eu tenho que escolher realmente. (Professor Antônio)

Outro recurso adotado pelos professores para instrumentalizar o planejamento das aulas é o material disponibilizado pelo estado de Minas Gerais, o CBC. Estes professores citam como trabalham com este material, por exemplo:

[...] a sequência é pautada no CBC, que é o currículo básico comum aqui do estado de Minas Gerais. Entretanto eu não sigo a ordem como ele dita lá certinho, até porque a gente tem se basear ali e não trabalhar da forma como ele está nos informando. Eu tento sempre partir do conteúdo mais básico até você chegar em uma forma mais complexa, mais difícil de compreensão. (Professor João)

[...] querendo ou não a gente tem que seguir o CBC, só que eu vejo muito o seguinte: querendo ou não você tem que preparar o aluno para entrar para a faculdade, passar no ENEM.[...] Então, no segundo ano, geralmente, trabalho com a parte de mol, soluções, um pouco de estequiometria, equilíbrio, cinética; [...]. Eu tento planejar um pouco desta maneira, e também obedecendo um pouco do CBC, que se for para pegar o CBC não segue assim esses tópicos, ele é muito teórico e tem pouca prática dentro dele, então eu tento associar a experiência que tenho em cursinho e trazer para cá. (Professor Pedro)

O planejamento anual eu coloco praticamente tudo que acredito de acordo com o CBC. Aqui no estado de Minas a gente usa muito o CBC, e também com base no documento nacional. [...] conforme eu vou conhecendo os meninos e trabalhando com eles eu vou selecionando aqueles conteúdos que dá para aproximar da realidade deles e que é o que mais cai no ENEM. (Professora Ana)

Em termos gerais, os professores consideram os conteúdos dos ENEM anteriores para planejar o ensino. O ENEM foi desenvolvido com a finalidade de avaliar o desempenho escolar e acadêmico dos alunos que terminaram o ciclo do Ensino Médio, possibilita a continuidade da sua formação, já que sua nota pode ser utilizada como etapa única ou complementar para acesso à Educação Superior, principalmente em instituições federais. Essa nota permite ainda ao estudante participar de programas governamentais de financiamento e apoio ao estudante como o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES) e o Programa Universidade para Todos (ProUni) (INEP, 2015).

Ao aderir à matriz de referência do ENEM para organizar e selecionar os conteúdos é necessário avaliar a maneira como os conteúdos estão sendo abordados, pois a matriz de referência de 2009 apresentava uma listagem de conteúdos químicos de forma tradicional, o

que é oposto à proposta do ENEM e ao que se busca com o avanço a superação do ensino propedêutico (MACENO, 2011).

Essa matriz se apresenta em quatro áreas do conhecimento e o conteúdo de Química é organizado na área Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em conjunto com conteúdos da Física e da Biologia (INEP, 2015). Para abordar os conteúdos a matriz apresenta cinco (5) eixos cognitivos que são comuns à todas as áreas do conhecimento, sendo estes: dominar linguagens, compreender fenômenos, enfrentar situações problema, construir argumentação e elaborar propostas. Sendo assim ao se basear nesta matriz de referência os professores podem também considerar esses eixos para planejar o seu ensino, não apenas trabalhar os conteúdos de maneira descontextualizada, mas dentro de questões problemas que estimulem os alunos a elaborar propostas e construir argumentações sustentadas pelo conhecimento.

Na atual matriz a proposta é que os alunos sejam capazes de se apropriar do conhecimento químico para interpretar, avaliar ou planejar intervenções científicas e tecnológicas em situações problema. Entre os anos de 2009 e 2011 as principais demandas cognitivas exigidas nos exames foram a capacidade de *lembrar* e *entender* o conteúdo enquanto que *aplicação do conhecimento*, *análise* e *avaliação do problema* se tornavam secundários, ou ainda, não era exigido nos exames. A partir de 2012 a tendência destes exames foi se aproximar à matriz proposta buscando contemplar todas estas demandas cognitivas exigindo do aluno o desenvolvimento do pensamento crítico (CINTRA; MARQUES JUNIOR; SOUSA, 2016).

Assim, para decidir quais conteúdos abordar não basta apenas seguir uma lista de conteúdos elaborada para a matriz do ENEM, os professores devem considerar o contexto dos alunos e a maneira como serão abordado determinados conteúdos, estabelecendo relação com situações problemas que tragam sentido à aprendizagem para os alunos. Desenvolver a capacidade de construir argumentação e elaborar propostas para resolver problemas exige habilidades de alta ordem cognitiva, enquanto que decorar conceitos e memorizar fórmulas não torna o conteúdo significativo para o aluno.

Quanto à sequência de conteúdos os professores geralmente utilizam o livro didático ou o CBC. Uma das justificativas para a escolha do LD dada pelos professores é que procuram um material que seja didático para o aluno, que aborde os conteúdos de uma forma mais fácil de se aprender com exemplos, imagens e textos que mostrem a aplicação do conteúdo. Em um estudo pesquisadores conseguiram listar as características avaliadas por professores de Química para a escolha do LD e dentre estas estão: abordagem do conteúdo, linguagem, encadernação, exercícios e orientações oficiais, ou seja, aqueles que estão de acordo com os

documentos oficiais que orientam o ensino (LIMA; SILVA, 2010). Neste mesmo trabalho é apontado que os professores consideram o LD o principal elo entre o conhecimento científico e o cotidiano dos alunos, talvez esta seja a forma que encontraram de tentar trabalhar a contextualização dos conteúdos em sala de aula.

Para o ensino quando os conteúdos são trabalhados de maneira contextualizada possibilita ao aluno compreender melhor o que está sendo ensinado e estabelecer conexões com outros saberes, porém devem-se tomar cuidados para que o livro ou o contexto utilizado não seja usado apenas como exemplo do que foi dito. O ensino na vertente CTS prevê além da contextualização dos conteúdos a busca por soluções ou respostas às questões problema/situações problema, que estão relacionadas à um tema social, ambiental ou tecnológico. Para isso não basta utilizar exemplos em sala de aula, mas devem-se compreender as questões relacionadas aos contextos, em quais momentos a ciência o ajuda a compreender melhor e buscar respostas para essas questões, e ainda, a capacidade de analisar e avaliar a situações de maneira que busque a construção de um ambiente sustentável.

Um cuidado a ser tomado pelo professor é que, uma vez que os LD são ferramentas pedagógicas que se destinam a aprendizagem, e a construção do conhecimento científico, não deve ser imposto ao aluno de maneira hierarquizada, portanto de acordo com as situações estudadas a sequências não precisam ser necessariamente aquelas adotadas pelo LD (OCCELI; VALEIRAS, 2013). O que acontece muitas vezes é que o aprendizado dos alunos é influenciado pela forma como o professor organiza o conteúdo, portanto, o professor deve ter claro qual a sua perspectiva de ensino e a maneira como deve iniciar a aprendizagem de novos conceitos. Algumas vezes os LD podem não abordar o conteúdo com a ênfase desejada pelo professor, ser fiel somente à este recurso pode não ser a melhor alternativa para ensinar determinados conceitos, por exemplo, aqueles que exigem maior nível de abstração (JUNIOR; SILVA, 2017).

Em seguida, trata-se do planejamento dos professores para o conteúdo de EQ e um dos professores, aquele que possui mais tempo de carreira docente, já possui uma sequência de conteúdos que costuma trabalhar nos 2º anos do Ensino Médio. Esta sequência foi construída ao longo da sua prática e baseada em diferentes materiais disponíveis, em seu relato indica quais foram os conteúdos ensinados.

Em conteúdo no segundo ano eu tento abordar [...] uma matéria: mol. Se você não souber mol, não adianta estudar nada para frente. Então estou trabalhando com eles mol, massa molar, constante de Avogadro, [...] depois

entro em soluções, concentração de soluções, solubilidade... depois quando termina soluções eu tento abordar sobre leis ponderais, dou uma introdução de estequiometria, não dá pra aprofundar, e se o aluno não aprende mol, não vai aprender estequiometria.... eu observo que as dúvidas dos alunos não é em Química, eles tem mais dúvida em Matemática [...]. Então eu tento abordar pensando neste lado, estequiometria, **depois cinética, depois equilíbrio**, depois falo um pouquinho de pH porque está diretamente relacionado. (Professor Pedro)

Ao serem questionados sobre quais conhecimentos eram necessários para se compreender o conceito de EQ, foi consenso entre os professores que os alunos deveriam saber mais sobre estequiometria, reações químicas, soluções e solubilidade.

Acredito que seja a parte das reações químicas envolvendo estequiometria, cálculos químicos [...], além disso, acho que se deve ter uma atenção especial no aspecto das soluções, das dispersões porque todo equilíbrio químico que a gente trabalha tem a água ali envolvida como solvente [...] concentração de soluções, aspecto de solubilidades. (Professor João)

[...] deve aprender mol, pois o mol você aprende várias coisas como quantidade, massa, se você aprender isso você vai aprender outros conteúdos como cinética. Então tem que aprender mol, cinética química, se você aprender isso você aprende equilíbrio químico. (Professor Pedro)

[...] tem que saber sobre equação química [...] do reagente do produto voltar ao reagente, da estequiometria, coisas que eles vão vendo antes como a quantidade de mol envolvida, a quantidade de massa envolvida, de volume envolvido, balanceamento é outra coisa que eles precisam ver antes [...] (Professor Antônio)

O equilíbrio químico eu trabalharia antes da cinética estamos trabalhando a questão dos gráficos e da velocidade da reação em gráfico[...] depois que eles conseguirem interpretar esses gráficos eu vou entrar no desenho das representações de bolas e de reações. (Professora Ana)

Para ensinar EQ estes professores consideraram conceitos básicos da Química como: mol, quantidade de massa das espécies envolvidas, reações e estequiometria. Todos estes professores optaram por trabalhar o conteúdo de EQ após o estudo de cinética química, pois seguem a sequência do LD. Geralmente o conteúdo de EQ é um tema para o 2º ano do Ensino Médio, trabalhado após o estudo da termoquímica, das reações químicas de oxidação e redução, gases e a teoria cinético-molecular, é um dos últimos conteúdos ensinados e podem ser trabalhados em contextos de ácido e bases. O estudo do EQ antecede os conteúdos abordados no 3º ano com relação à química Orgânica e a aplicação dos conceitos químicos em diferentes contextos (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2003).

Na perspectiva dos professores uma das dificuldades em se aprender o conceito de equilíbrio químico está na interpretação do comportamento da reação ao longo do tempo, os alunos acabam desenvolvendo a concepção de que as reações direta e inversa ocorrem em lados diferentes do sistema, de forma oposta, uma reação acontece da esquerda para a direita e a outra da esquerda para a direita. Essa concepção pode ser desenvolvida por conta da linguagem utilizada pelo próprio professor ao explicar a representação da dupla seta, por isso ao longo do desenvolvimento das aulas desta sequência os professores buscaram trabalhar a maneira como explicam aos alunos, procurando minimizar essas concepções.

Para construir o conceito de EQ em uma perspectiva construtivista é necessário: 1) identificar, em nível macroscópico, quando um sistema está em estado de equilíbrio, considerando as variações das propriedades como: temperatura e pressão; 2) identificar, em nível submicroscópico, o caráter dinâmico do sistema; 3) identificar no sistema a relação entre a igualdade das velocidades das reações direta e inversa. Muitas vezes os alunos podem construir a concepção de que a igualdade das velocidades significa que as reações direta e inversa ocorrem em uma mesma extensão, ou seja, na mesma proporção; 4) estudo do princípio de Le Chatelier, levando em consideração as limitações do mesmo (JUNIOR; SILVA, 2017).

Ajudar os alunos a construírem o conceito e a compreenderem a natureza dinâmica do equilíbrio químico pode ser difícil pelos recursos disponíveis em sala de aula (BEZERRA, 2011). Muitos professores fazem uso de analogias, ou até mesmo atividades práticas, para exemplificar a dinamicidade do sistema, porém esses recursos possuem suas limitações, que precisam ser esclarecidas para que os alunos não construam conceitos equivocados.

Ghirardi et al. (2015) aponta algumas questões que os professores devem levar em consideração durante o planejamento para ensinar o conceito de EQ. Primeiramente devem-se





químicas, e nos LD, o conceito de EQ é construído após o estudo da cinética química. Portanto, incluímos na SD estes dois principais aspectos do ensino, sendo o conceito ensinado após o estudo da cinética e os princípios de Le Chatelier.

### **8.1.2 Quais as dificuldades enfrentadas pelos professores para ensinar equilíbrio químico?**

Neste sentido, pode-se perceber que, por mais que as condições e a estrutura escolar não favoreçam, quando questionados sobre as dificuldades em ensinar o conteúdo de EQ, as maiores dificuldades apresentadas não são em relação aos conteúdos químicos, mas sim em calcular e interpretar os exercícios.

A principal delas é relacionada à matemática e à interpretação, eu acho que são as principais dificuldades no ensino de EQ, porque os alunos chegam às vezes deficientes nos cálculos matemáticos na compreensão e, principalmente, na interpretação do exercício. (Professor João)

Eles têm dificuldade de interpretação, com alguns cálculos, não tem dificuldade em Química. (Professor Pedro)

[...]eles têm uma imensa dificuldade quando envolve qualquer cálculo, eu gasto muito tempo revisando sempre a mesma coisa referente à equação do primeiro grau mesmo, uma regrinha de três[...]. (Professor Antônio)

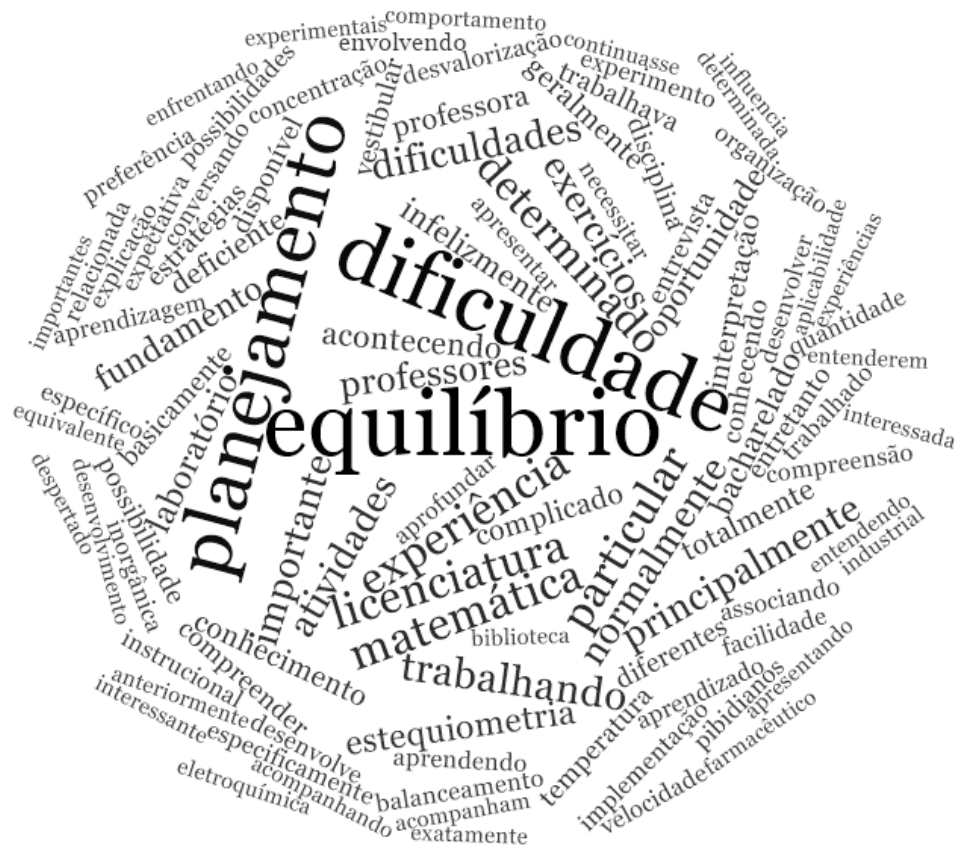
Eu acho que a bagagem que eles têm do ensino de química é um pouco deficiente. Então a montagem da reação química eles tem dificuldade, não sabem mol, essas coisas eles não sabem. (Professora Ana)

Uma das grandes dificuldades em aprender EQ está relacionada ao fato de que alguns alunos não conseguem relacionar os aspectos qualitativos aos aspectos quantitativos deste conceito, não conseguem entender o que ocorre no sistema em equilíbrio no nível atômico-molecular. As relações estabelecidas se tornam mais difíceis ainda quando não conseguem atribuir sentido ao que estão aprendendo, ou responder à questão “por que aprender EQ?”.

Este é um conceito importante no ensino de química sendo essencial para a compreensão de outros conceitos como o de oxidação e redução, mudanças de fases, solubilidade de ácidos fortes e fracos (KARPUDEWAN et al., 2015). Para Eilks e Gulacar (2016) construir o conceito da natureza dinâmica do equilíbrio e relacionar as representações do equilíbrio com outros conteúdos, como a lei de Conservação de Massas e lei de Ação das Massas, pode ser difícil para os professores e alunos, para o professor organizar e desenvolver aulas que potencialize essas conexões e para os alunos estabelecer estas conexões quando possuem uma aprendizagem fragilizada de conceitos fundamentais para o entendimento.

Com as informações sobre as dificuldades em ensinar o conteúdo de EQ e, por meio do programa Nvivo®, construiu-se uma nuvem de palavras que nos possibilitou refletir sobre quais as principais relações que os professores construíram durante a entrevista em relação às dificuldades em se ensinar e aprender o conceito de EQ.

Figura 10 - Nuvem de palavras construída no programa NVivo® a partir das falas dos professores em relação às dificuldades de planejamento.



Fonte: Da autora.

As palavras que estão destacadas em tamanho maior são aquelas que aparecem com maior frequência nas entrevistas com os professores, percebe-se que estas são: equilíbrio (relacionado ao conceito que se pretende ensinar), dificuldade e planejamento. Em tamanho

menor outras palavras surgem representando aquilo que está relacionado ao planejamento e a dificuldade de se planejar o ensino do conceito de EQ. Os professores destacaram que possuem dificuldades em organizar o conteúdo de maneira que não utilizem cálculos, pois consideram uma das principais dificuldades e obstáculo para se ensinar o conceito de EQ. Não conseguem trabalhar exercícios que necessitam calcular constantes e concentrações porque os alunos possuem dificuldades com a matemática básica.

Em relação aos conteúdos químicos aparecem os termos: velocidade, estequiometria, balanceamento, temperatura, concentração, entre outros. Estes conceitos citados são aqueles que, para os professores, são fundamentais para entender e construir o conceito de EQ. Estes conceitos destacados são aqueles que os professores priorizam para ensinar EQ e o que mais cobram nos exercícios, ainda que sejam conteúdos estudados anteriormente ao conceito de equilíbrio consideram importante que os alunos consigam construir as reações do sistema em equilíbrio. Priorizar estes conteúdos na sala de aula pode acabar prejudicando em relação ao tempo das atividades, as aulas possuem duração de 50 minutos, e o tempo para o professor explicar e trabalhar conteúdos novos acaba sendo reduzido por retornar sempre aos mesmos pontos.

A sequência proposta é baseada na abordagem CTS que possuem como objetivos além da aprendizagem do conceito, o desenvolvimento de habilidades como, por exemplo, investigação e argumentação, além do desenvolvimento de valores proporcionando a formação para a tomada de decisão na sociedade (SANTOS; AULER, 2011). Um dos fatores que podem contribuir para que, por meio desta sequência, os alunos aprendam de maneira significativa é a relação do conteúdo com o contexto e também a interdisciplinaridade trabalhada ao longo das aulas, envolvendo conceitos das disciplinas de Física e Biologia.

Buscando uma relação com o material que os professores relatam utilizar em suas aulas, fez-se uma análise dos LD utilizados por estes, visando conhecer quais as possíveis relações estabelecidas por estes professores no conteúdo relacionado ao conceito de EQ.

### **8.1.3 Análise dos livros-texto e a contribuição para construir uma SD**

Nesta seção será apresentada a sequência adotada nos livros utilizados pelos professores entrevistados e será principalmente descritiva. Como a coleta de informações ocorreu no ano

de 2017, foram utilizadas as obras aprovadas no PNLD do ano de 2015. Os professores entrevistados utilizavam o livro Química Martha Reis, volume 2, para o segundo ano do Ensino Médio, este livro foi disponibilizado pelas escolas para professores e alunos.

Esta obra em questão se propõe a abordar o conteúdo de forma a superar um ensino baseado em regras, questões de vestibulares, cálculo e nomenclaturas sem relação com o contexto. Busca desenvolver a capacidade dos alunos em construir relações e argumentos com temas relacionados à ciência, tecnologia e sociedade, favorecendo conhecimentos científicos e tecnológicos, trabalhando as relações sociais e ambientais de forma contextualizada.

Nesta obra o conteúdo de equilíbrio é abordado em (4) quatro capítulos, sendo o conceito trabalhado no primeiro deles, em que se conceitua EQ e se diferencia de equilíbrio estático. O conteúdo de cinética química é estudado antes do conteúdo de EQ, permitindo uma abordagem cinética do tema, em que se considera a velocidade das reações dentro do sistema em estado de EQ.

Para construir o conceito de equilíbrio é apresentado um texto que busca diferenciar equilíbrio estático de equilíbrio dinâmico. Em seguida é abordado o conceito de reversibilidade das reações químicas e definido que a reação entra em equilíbrio dinâmico quando as taxas de desenvolvimento das reações direta e inversa se igualam.

Ao final do capítulo o conceito apresentado para EQ é de que a qualquer reação química reversível, que possua as taxas de desenvolvimento da reação direta e inversa iguais, à uma temperatura constante, é atribuída esta característica do sistema.

Os outros LD de Química aprovados pelo PNLD-2015 foram analisados pela pesquisadora, porém, como não foram utilizados pelos professores para organizar os conteúdos das disciplinas, e também para trabalhar os conceitos em sala de aula, optou-se por não apresentar nesta discussão, focalizando somente no material utilizado pelos professores. Assim, foi possível entender como o conteúdo químico foi organizado pelos professores nos bimestres anteriores, bem como as definições químicas.

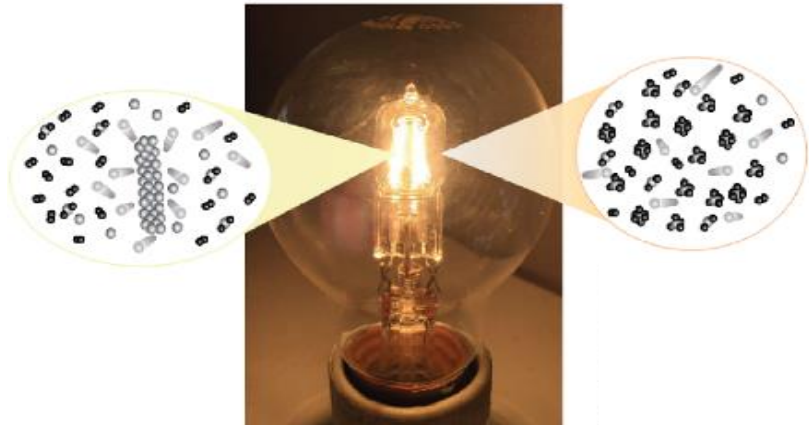
O tema “equilíbrio em lâmpadas halógenas” é abordado neste livro na página 216, porém de uma forma não aprofundada, apenas exemplificando um sistema em que se aplica o conceito de equilíbrio químico. A imagem utilizada no livro para exemplificar o sistema da lâmpada halógena é apresentada a seguir, em comparação com a imagem construída pela pesquisadora:

Figura 11 - Lâmpada halógena



Fonte: Adaptado de FONSECA, 2012.

Figura 12 -Representação do sistema da lâmpada halógena construído pela pesquisadora



Fonte: da autora

Em termos de contribuições para a SD, os gráficos utilizados no livro foram tomados como exemplo durante as aulas. Entretanto, a organização do conteúdo não foi baseada na abordagem deste livro, mas sim construída em colaboração com os professores.

Assim planejou-se uma sequência de oito (8) aulas para ensinar o conceito de EQ na vertente CTS, estas aulas foram divididas em atividades sendo que a primeira e a última aula os alunos responderam aos questionários prévios e pós. Após o planejamento da sequência foi desenvolvida primeiramente em uma turma – piloto, em uma das escolas participantes e somente um professor participou desta etapa. Em seguida foram feitas as alterações necessárias na SD, para a realização nas outras turmas e escolas participantes da pesquisa, ressaltando que nesta dissertação foi realizado um recorte e se discute os dados de aprendizagem de 7 turmas de uma das escolas.

A segunda atividade a ser realizada foi o estudo do tema “lâmpadas halógenas”, e teve como objetivo levantar os conhecimentos dos alunos em relação ao tema lâmpadas, buscando refletir questões relacionadas ao impacto ambiental e aos benefícios do desenvolvimento de novos materiais para as lâmpadas. Nesta aula foi utilizada uma maquete com diferentes tipos de lâmpadas (incandescente, halógena, fluorescente e LED) e se questionou aos alunos as diferenças dos materiais, diferenças dos sistemas, da eficácia e composição das lâmpadas.

A terceira atividade foi o estudo da composição das lâmpadas e seu funcionamento, teve como objetivo levar os alunos a compreender o funcionamento das lâmpadas, em especial o da lâmpada halógena, e conhecer sua composição química. As discussões em sala de aula se deram no sentido de refletir sobre o impacto do descarte inadequado de todos os tipos de lâmpada no meio ambiente a partir da composição. Nesta aula foram utilizadas imagens

apresentadas anteriormente para permitir que os alunos visualizassem melhor o funcionamento das lâmpadas de halogênio, foram discutidos os diferentes tipos de materiais que constituem as lâmpadas como os tipos de metais que podem ser utilizados para formar um filamento, quais os gases são injetados nos tubos das lâmpadas e quais as suas funções, entre outros.

A quarta atividade foi o estudo das reações, que tinha como objetivo reconhecer as reações que ocorrem no sistema de funcionamento das lâmpadas de halogênio, e compreender a reversibilidade destas reações ao longo do tempo. Para isso foi utilizada como exemplo o sistema de funcionamento das lâmpadas e os fatores que podem influenciar o desenvolvimento das reações, introduzindo o estudo do princípio de Le Chatelier previsto no planejamento.

A quinta atividade foi iniciada com o estudo do conceito de EQ e tinha como objetivo levar os alunos compreender o conceito de EQ, buscando a generalização deste conceito e aplicação em outros sistemas. Nesta aula foram utilizados os gráficos construídos em sala de aula para explicar o comportamento das reações que ocorrem nas lâmpadas, e juntamente com estes gráficos, foram analisados gráficos presentes nos LD de outras reações que apresentavam as mesmas variáveis, sendo assim o conceito de equilíbrio adequado para explicar os sistemas.

A sexta atividade foi a problematização do tema, o objetivo era levar os alunos a refletirem sobre a problemática do descarte inadequado de materiais em locais inapropriados, e ainda buscar a elaboração de propostas para solucionar o problema. Esta não foi uma atividade desenvolvida de maneira isolada, pois os diálogos foram construídos durante todas as aulas, assim como a investigação de outros conhecimentos que poderiam ajudar a entender melhor quais os riscos desses componentes químicos para a saúde e o meio ambiente, quais os benefícios dos novos materiais desenvolvidos para as lâmpadas, etc. Porém, ao final desta sequência os alunos tiveram que construir um material escrito para responder à questão inicial trabalhada na primeira atividade juntamente com o estudo do tema. Esta proposta poderia ser elaborada em grupo, e deveria apresentar argumentos que qualifiquem como uma proposta viável para o contexto estudado.

Nesta SD especificamente buscou-se abordar uma problemática que estava presente no cotidiano dos alunos, em uma tentativa de iniciar esta abordagem com questões do mundo real. De acordo com Akcay e Yager (2016) as características específicas de uma abordagem CTS podem ser caracterizadas como: problemas com quais os alunos se identificam e a utilização de recursos locais para resolver problemas. Quando os alunos estão ativamente

envolvidos para resolver problemas da vida real, a atividade se estende para além da sala de aula/escola, entre outros aspectos.

Para atender à essas especificações buscou-se trabalhar questões relacionadas à maneira como a tecnologia afeta suas vidas individualmente, e também, quais as vantagens econômicas em utilizar produtos que causam menor impacto ambiental e quais estratégias poderiam solucionar esta problemática na vida fora de sala de aula.

O desenvolvimento da SD nas escolas aconteceu em dois momentos diferentes: o primeiro com a **turma piloto** e o segundo com a **turma alvo**, com o objetivo de analisar a contribuição desta sequência para a aprendizagem do conceito de EQ.

Na validação externa busca-se analisar os resultados da SD em relação aos objetivos, podendo ser feito de várias maneiras, não apenas usando procedimentos pré-teste e pós-teste, mas também observando as "vias de aprendizado" dos alunos durante toda a sequência de ensino e aprendizagem. Tinha-se como objetivos:

Quadro 6 - Objetivos Geral e Específicos relacionados às ações desenvolvidas e avaliação.

|                     | 1º momento – Planejamento  | 2º momento – ações a serem desenvolvidas   | 3º momento – etapa de avaliação   |
|---------------------|--|--|---|
| OBJETIVO GERAL      | Problematizar o conteúdo de equilíbrio químico com a temática das lâmpadas halógenas.  | Compreender o conceito de equilíbrio químico e relacionar com o funcionamento das lâmpadas halógenas.  | Elaborar com os alunos propostas de soluções que sejam fundamentadas pelo conhecimento químico, para o não descarte de lâmpadas em lugares inadequados.   |
| OBJETIVO ESPECÍFICO | <p>Conhecer as características dos materiais que constituem as diferentes lâmpadas comercializadas;</p> <p>Relacionar o descarte inadequado de lâmpadas à problemas ambientais;</p> <p>Entender a natureza da composição das lâmpadas halógenas.</p> | <p>Discutir os conhecimentos necessários para os alunos compreenderem o conteúdo de equilíbrio químico.</p> <p>Apresentar a imagem que representa o funcionamento das lâmpadas halógenas e discutir o seu funcionamento;</p> | <p>Reconhecer as implicações do descarte em locais inadequados fundamentados no conhecimento químico (natureza do material).</p> <p>Justificar a inadequabilidade do descarte de acordo com a natureza do material que constitui as lâmpadas;</p> |

Levar os alunos a compreender as reações químicas presentes no sistema que constitui a lâmpada halógena; Relacionar o tipo de lâmpada ao consumo consciente (valor, gasto de energia, malefícios para saúde, duração, processo de reciclagem da lâmpada).

Levar os alunos a entender a lâmpada halógena como um sistema em estado de equilíbrio químico;

Compreender o conceito de equilíbrio.

---

Fonte: Da autora:

No quadro acima são apresentados os objetivos de ensino de acordo com os diferentes momentos da SD, sendo que o primeiro momento diz respeito à etapa de planejamento onde foram definidos os objetivos para esta SD. O segundo momento diz respeito às ações que foram estabelecidas para que se pudessem atingir os objetivos delineados anteriormente. O terceiro momento é a etapa de construção e produção do material por parte dos alunos, condiz com a avaliação dos objetivos iniciais.

Antes de iniciar o desenvolvimento da SD com os alunos de segundo ano de Ensino Médio, foram aplicados questionários, juntamente com o professor, para conhecer o que os alunos sabiam dos conhecimentos necessários para a aprendizagem do conteúdo de EQ. De acordo com estas respostas poderíamos dar início ao estudo do conteúdo, no segundo momento da SD. O questionário foi composto por 7 questões, e identificaremos qual o objetivo de cada uma delas em relação aos conhecimentos prévios dos alunos:

Quadro 7: Caracterização das questões do questionário I e seus respectivos objetivos.

| QUESTÃO | OBJETIVO   |
|---------|--|
| 1       | Verificar se os alunos sabem identificar substâncias simples e compostas por meio de imagens que representam diferentes sistemas e definir o que é uma substância. |
| 2       | Verificar se os alunos conseguem diferenciar reações reversíveis e não reversíveis por meio de uma equação química.  |
| 3       | Verificar se os alunos conseguem identificar os elementos de uma reação química, e definir o que é uma reação química.   |



|   |  |
|---|--|
| 4 | Verificar se os alunos conhecem quais as condições para que ocorra uma reação química.                                     |
| 5 | Verificar se os alunos reconhecem a representação de uma reação química reversível.  |
| 6 | Verificar se os alunos conseguem diferenciar em determinados sistemas, quantas substâncias estão representadas em cada um. |
| 7 | Verificar se os alunos conseguem identificar, por meio de uma representação, um sistema em equilíbrio químico.             |

Fonte: Da autora.

A avaliação prévia é importante na etapa de validação interna, pois é por meio dela que se pode estabelecer quais são os conceitos que os alunos não apresentam uma compreensão adequada, o que pode influenciar no seu aprendizado do novo conteúdo proposto. Sendo assim, ao analisar os questionários e identificar essas dificuldades cria-se uma estratégia para avançar no estudo retomando aqueles conceitos que não foram devidamente compreendidos.

#### 8.1.4 Análise do questionário I: Turma - Piloto

A turma piloto foi composta por 33 alunos, nesta etapa da sequência algumas atividades ainda não haviam sido incluídas, sendo ministradas seis (6) aulas durante a implementação. As respostas foram obtidas por meio do questionário I e questionário II, classificadas a partir das categorias previamente estabelecidas. Serão apresentados os dados referentes aos conceitos de *substância*, *reação química*, *reversibilidade* e *equilíbrio químico*. Neste quadro abaixo são apresentados os resultados da turma piloto obtidos através do questionário I.

Quadro 8: Respostas dos alunos para as questões do questionário I

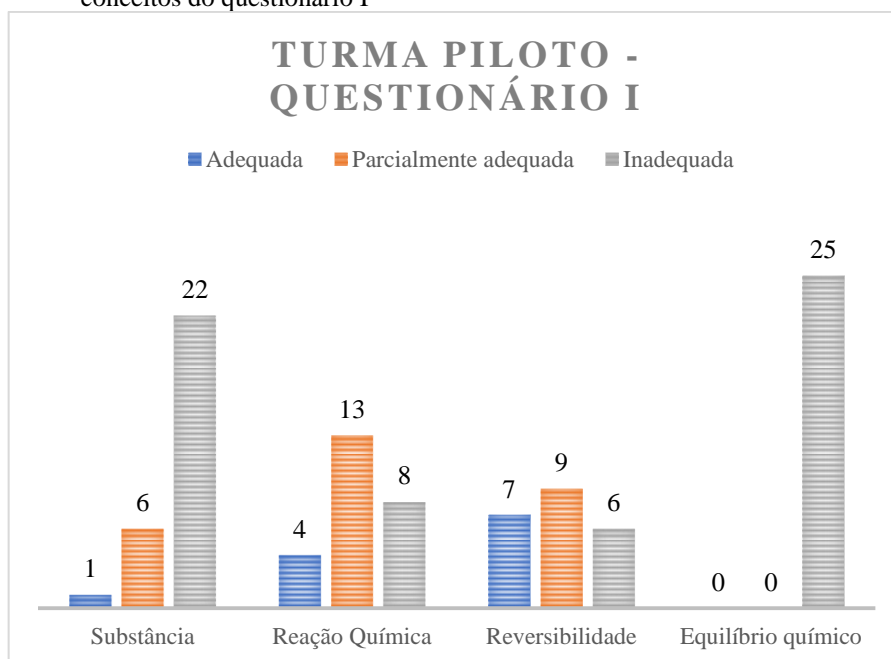
|           |            | QUESTIONÁRIO I                  |  |  |                      |
|-----------|------------|---------------------------------|--|--|----------------------|
|           |            | CATEGORIAS                      |  |  |                      |
|           |            | Compreensão conceitual adequada | Compreensão conceitual parcialmente adequada | Compreensão conceitual inadequada  | Ausência de resposta |
| CONCEITOS | Substância | E32                             | E7, E9, E17, E18, E21, E33                   | E2, E4, E5, E6, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E19, E20, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31 | E1, E3, E8, E15      |

|                    |                                 |   |   |  |
|--------------------|---------------------------------|---|---|--|
| Reação Química     | E17, E21, E22,                  | E2, E4, E6, E7, E8, E9, E11, E13, E16, E19, E20, E23, E26 E32 | E5, E10, E14, E24, E27, E29, E30, E33   | E1, E3, E12, E15, E18, E25, E28, E31               |
| Reversibilidade    | E5, E8, E17, E18, E21, E22, E23 | E2, E4, E7, E9, E10, E16, E31, E32, E33                       | E13, E19, E24, E27, E28, E30  | E1, E3, E6, E11, E12, E14, E15, E20, E25, E26, E29 |
| Equilíbrio químico |                                 |   | E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E19, E20, E22, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31, E32 | E2, E16, E17, E18, E21, E23, E24, E33              |

Fonte: Da autora.

A partir do quadro (8) oito construiu-se um gráfico apresentado na figura 13, demonstrando o nível de compreensão dos alunos em relação aos conceitos abordados no questionário I.

Figura 13 - Gráfico demonstrativo do nível de compreensão dos alunos da turma piloto com relação aos conceitos do questionário I



Fonte: Da autora.

Em relação ao conceito de substância a maior parte dos alunos apresentou compreensão conceitual inadequada. Em uma das questões pediu-se para que os alunos descrevessem o que entendem por substância e a maior parte das repostas apresentava uma relação incorreta entre conceitos químicos. De acordo com o quadro 5, com relação ao conceito de substância foram consideradas:

- **Compreensão conceitual adequada:** Respostas que consideram que substância possui propriedades definidas, determinadas e praticamente invariáveis nas mesmas condições

de temperatura e pressão. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

Substância é qualquer espécie de matéria formada por átomos de elementos específicos (Aluno E32)

Como demonstrado acima o aluno considerou a especificidade das substâncias, e demonstrou conhecimento sobre a constituição por meio de átomos e elementos específicos, o que está de acordo com a definição utilizada como referência.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Respostas que apresentam alguns termos característicos da definição, como: especificidade, características, invariabilidade, definição. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

Substância simples é quando existe só um elemento, e a substância composta é quando tem mais de um elemento (Aluno E18)

Como demonstrado acima o aluno considerou que as substâncias simples são constituídas por um único elemento e substância composta possui mais de um elemento, o que está correto de acordo com o referencial. Entende-se substância como sendo a matéria que possui propriedades específicas e composição que não varia de amostra para amostra (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005), para considerar corretas deveriam aparecer nas respostas que *substâncias possuem propriedades específicas e composição invariável*.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

Substância é um elemento químico (Aluno E5)

Esta resposta não foi considerada adequada para a questão em que se pedia o conceito de substância. De forma sucinta os elementos são constituídos por átomos de mesmo número atômico (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005). Portanto ao afirmar que substâncias são elementos o aluno não considerou para sua resposta as características específicas das substâncias.

Outros alunos não souberam definir substância corretamente e por isso descreveram substância relacionando à formação ou composição por diferentes moléculas:

As moléculas se misturam, onde ocorre o processo das substâncias químicas (Aluno E23).

Nesta resposta podemos identificar que os alunos conseguiram relacionar e compreender que as substâncias são compostas por diferentes moléculas e que o conjunto dessas moléculas constituem uma substância. Porém não se aproxima da definição que utilizamos como padrão para comparar onde apareceriam termos como *propriedades específicas, características definidas, etc.*

Assim como no conceito de substância em uma das questões pediu-se para que os alunos descrevessem o que entendem por reação química. Foi possível identificar que a maioria dos alunos apresentaram uma compreensão conceitual parcialmente adequada e este nível de conhecimento estão aqueles que se aproximaram da definição do conceito de reação química. Entende-se por reação química como a transformação da matéria que envolve alterações qualitativas na composição química das substâncias reagentes resultando em um ou mais produtos (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005).

Este é um dos conceitos que foi bastante retomado ao longo da implementação da SD, pois para que pudessem compreender os diferentes sistemas em EQ e a dinamicidade do sistema, seria necessário compreender o conceito de reação química. De acordo com o quadro 5 as categorias de análise para este conceito se dividem em:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “Transformação da matéria em que há mudanças nas substâncias reagentes resultando na formação de um ou mais produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é:

É a transformação de uma substância em outra (Aluno E17)

Na resposta deste aluno considerou as transformações das espécies reagentes, resultando na formação de uma nova substância, o produto. Por estar de acordo com a definição utilizada como referência, considerou-se esta resposta como sendo compreensão conceitual adequada.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que apresentam os termos “transformação química” “formação de substâncias diferentes” “modificação nas espécies reagentes”

É quando duas substâncias reagem para formar uma substância diferente (Aluno E32)

O aluno considerou que há formação de uma nova substância diferente das espécies reagentes, porém foi considerada parcialmente adequada por não demonstrar conhecimento sobre as transformações químicas nas substâncias reagentes.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo das respostas desta categoria é:

“Conjunto de uma substância ou mais” (Aluno E24)

Na resposta o aluno definiu reação química como sendo um conjunto de substâncias, portanto considerou-se a resposta como inadequada conceitualmente, porque não estabelece relação com o conceito. O aluno não demonstrou conhecimento sobre a transformação das espécies envolvidas, como a formação de produtos ou novas substâncias diferentes daquelas iniciais, os reagentes.

O conceito de reversibilidade foi abordado no primeiro e segundo momento avaliativo da SD e, inicialmente, os alunos apresentaram compreensão conceitual parcialmente adequada. De acordo com o quadro 5 considerava-se para o conceito de reversibilidade:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior”. Um exemplo de resposta dessa categoria é

No sistema A indica que o produto pode voltar a ser um reagente, já no sistema B isso não ocorre. (Aluno E22)

No trecho acima o aluno demonstrou conhecer que a reação pode retornar ao seu estado anterior, de acordo com o referencial utilizado esta resposta foi considerada conceitualmente adequada.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos “reação reversível” “produtos podem formar reagentes e reagentes formam produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é

No sistema a as substâncias poder ser produtos e reagentes tanto de um lado quanto do outro. (Aluno E10)

Ao dizer que as substâncias podem ser produtos e reagentes dependendo do sentido da reação, entende-se que o aluno considerou que reagentes podem formar produtos e produtos podem formar reagentes. Porém como o aluno utilizou a palavra “lado” isso pode indicar que apresenta uma visão compartimentada das reações, por isso a resposta foi considerada parcialmente adequada, precisa-se romper com a concepção de que as reações acontecem em lados diferentes do sistema.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

No sistema A pode se locomover de um lado para o outro, no sistema B é fixo não pode se locomover (Aluno E24)

De acordo com a resposta do aluno não é possível identificar formação de reagentes e produtos a parte de uma reação reversível, pois em sua escrita não utilizou nenhum dos termos referentes a isto como “reação” “reagente” “produto” “formação” “transformação”. Desta forma não se considerou a resposta conceitualmente adequada.

Para ensinar o conceito de EQ precisaríamos trabalhar com reações reversíveis, por isso pediu-se para os alunos responderem a esta questão no início da SD. Com relação ao conceito de EQ nenhum aluno conseguiu responder à questão, portanto não se apresenta os dados referentes ao primeiro questionário neste momento, isso já era esperado pois o objetivo da sequência didática era justamente ensinar este conceito aos alunos.

### 8.1.5 Análise do questionário II - Turma-Piloto

O questionário II foi a última etapa de avaliação da SD, possuindo quatro (4) questões em que se objetivava compreender a aprendizagem dos alunos sobre o conceito de EQ. Portanto pretende-se aqui apresentar a análise dos conceitos de *reversibilidade e equilíbrio químico*. A seguir demonstra-se no quadro 10 a relação das respostas dos alunos da turma piloto no questionário II.

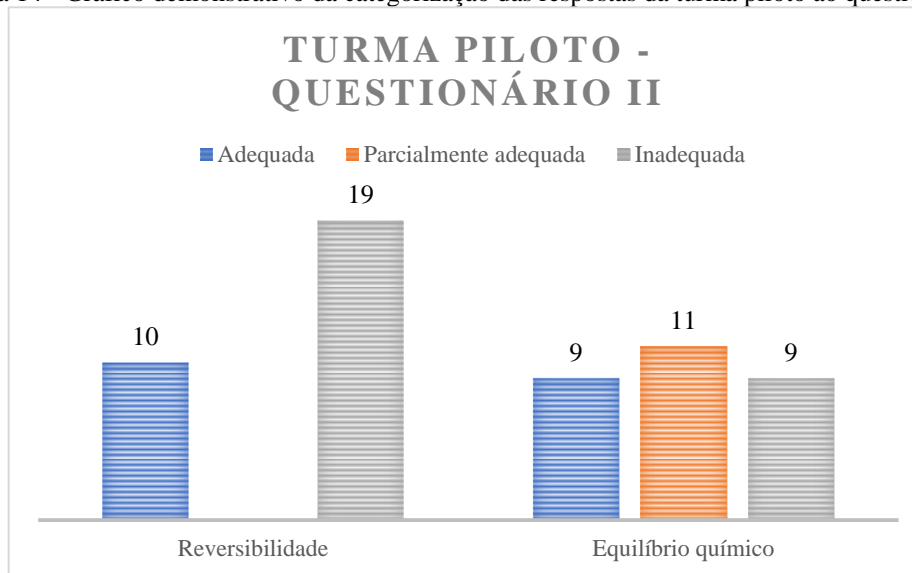
Quadro 9: Relação das respostas dos alunos no questionário II de acordo com a categoria de análise

|           |                    | QUESTIONÁRIO II                                |  |   |                                  |
|-----------|--------------------|--|--|---|----------------------------------|
|           |                    | CATEGORIAS                                     |  |   |                                  |
|           |                    | Compreensão conceitual adequada                | Compreensão conceitual parcialmente adequada     | Compreensão conceitual inadequada   | Ausência de resposta             |
| CONCEITOS | Reversibilidade    | E2, E8, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E21, E23 |  | E1, E3, E4, E5, E6, E7, E10, E12, E13, E18, E19, E20, E22, E24, E25, E26, E27, E28, E29 | E9, E30, E31, E32, E33           |
|           | Equilíbrio Químico | E1, E6, E13, E16                               | E2, E4, E5, E7, E8, E10, E14, E23, E24, E25, E27 | E15, E17, E19, E20, E21, E22, E26, E28, E29   | E3, E9, E11, E12, E18, E30, E31, |

Fonte: Da autora.

A partir do quadro 09 construiu-se um gráfico apresentado na Figura 14, demonstrando o nível de compreensão dos alunos em relação aos conceitos abordados no questionário I.

Figura 14 - Gráfico demonstrativo da categorização das respostas da turma piloto ao questionário II



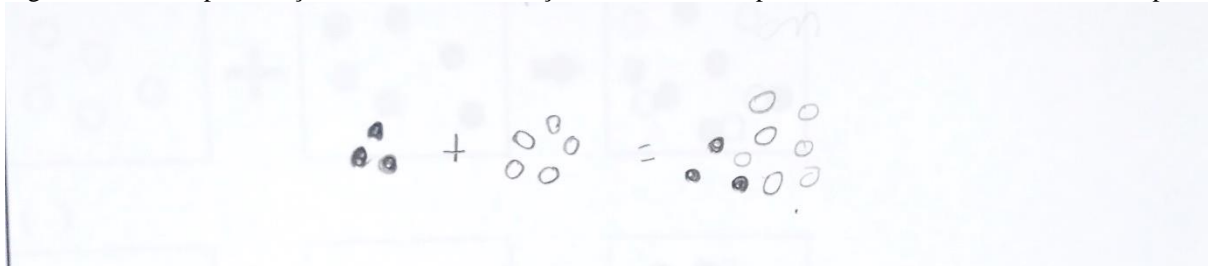
Fonte: Da autora.

O conceito de **reversibilidade** foi trabalhado ao longo da sequência e aqueles alunos que demonstravam o conhecimento inadequado tiveram a oportunidade de aprender o conceito de reação reversível. Entende-se por processos reversíveis a propriedade de poderem ser revertidos ao estado anterior, ou seja, uma reação reversível possui a capacidade de retornar ao seu estado anterior, os produtos podem reagir em condições favoráveis e formar substâncias reagentes (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005).

De acordo com a Figura 14 percebe-se que o número de alunos que apresentaram compreensão conceitual adequada aumentou no questionário II, ou seja, após a implementação da SD. De acordo com o quadro 5 considerava-se para o conceito de reversibilidade:

- **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximam de “propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior”. No questionário II os alunos deveriam representar por meio de desenho uma reação reversível e foram consideradas corretas aquelas que apresentassem as moléculas do produto e dos reagentes em um mesmo sistema, como na representação a seguir:

Figura 15 Representação de uma reação reversível por um aluno da turma piloto



Fonte: Da autora.

Nesta representação identifica-se que o aluno representou as espécies dos reagentes e o produto da reação, porém não demonstra de maneira clara a coexistência das três representações em um único ambiente.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. No questionário II os alunos deveriam representar uma reação reversível entre o gás hidrogênio e iodo, um exemplo desta categoria é a Figura 16.

Figura 16 Representação de uma reação reversível por um aluno da turma piloto



Fonte: Da autora.

Nesse caso o aluno apresentou as espécies dos reagentes e produtos separadas em sistemas diferentes, isoladas uma das outras, sendo assim não se considerou que esta representação é adequada para uma reação reversível.

Para o conceito de EQ a maior parte dos alunos conseguiu compreender o conceito de maneira adequada ou parcialmente adequada, sendo que o número de alunos que apresentaram uma compreensão inadequada diminuiu. De acordo com o quadro 5 considerou-se para o conceito de EQ as seguintes categorias:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximam de “As propriedades macroscópicas de um sistema em equilíbrio químico, permanecem constantes e as propriedades microscópicas, como transformação de uma substância em outra, permanecem em evolução, pois o equilíbrio químico é dinâmico”. Um exemplo de resposta desta categoria é



Quando a reação é constante e os valores não variam, permanece inalterado nos fatores da concentração de reagente, concentração de produto (Aluno E13)

A partir da resposta deste aluno percebe-se que demonstra conhecimento sobre as variáveis que permanecem inalteradas ao atingir o estado de EQ, um exemplo é a concentração das espécies. Respostas que apresentassem esta mesma relação se enquadram dentro desta mesma categoria.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que apresentam os termos “propriedades constantes” “não há alterações visíveis no sistema”, “composição constante”. Um exemplo de resposta desta categoria é

Quando o reagente e o produto tem a mesma quantidade substancial eles entram em equilíbrio químico (Aluno E7)

Pode-se perceber que o aluno compreendeu um sistema em EQ que possui características específicas como a concentração constante ao longo do desenvolvimento das reações direta e inversa. Porém por não demonstrar em sua resposta o conhecimento de que as reações continuam acontecendo em nível microscópico, esta resposta foi considerada parcialmente adequada.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

A mesma quantidade de mol em cada substância (Aluno E21)

Nesse caso o aluno demonstrou uma relação equivocada entre a quantidade de mol das substâncias e a composição constante do sistema. De acordo com ele reagentes e produtos devem ter a mesma quantidade de mol ao atingir o estado de EQ, porém a relação correta seria que a concentração de produto e de reagente permanece inalterada no estado de equilíbrio.

Ao final da implementação da sequência na turma piloto percebeu-se que um dos conceitos mais difíceis de construir com os alunos a partir dos recursos que estavam sendo utilizados foi o conceito de reversibilidade, ou reações reversíveis, para superar essa dificuldade foi proposta uma atividade prática.

## 8.2 CONTRIBUIÇÕES DA SD PARA APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

A partir da implementação da sequência planejada em colaboração com os professores, buscou-se analisar quais as contribuições desta SD para a aprendizagem do conceito de EQ por meio de uma abordagem CTS.

Ao analisar as contribuições desta SD para a aprendizagem do conceito de EQ se faz necessário definir este conceito. Entende-se por EQ como sendo o estágio atingido em uma reação química no qual não há tendências a alterações na composição da mistura da reação em questão, ou seja, as concentrações ou pressões parciais das espécies envolvidas permanecem constantes, ainda que, as reações continuem acontecendo em um nível atômico-molecular (SOUZA et al., 2017).

Ainda de acordo com os autores a primeira característica do EQ é este ser dinâmico, a segunda é atingir este estado espontaneamente, a terceira é que as características do estado de EQ se aplicam de maneira igual em um sistema que possui reações reversíveis, e, por último, a natureza dinâmica se aplica em um sistema que as moléculas assumem um estado de energia mínimo em direção à um estado de máxima entropia.

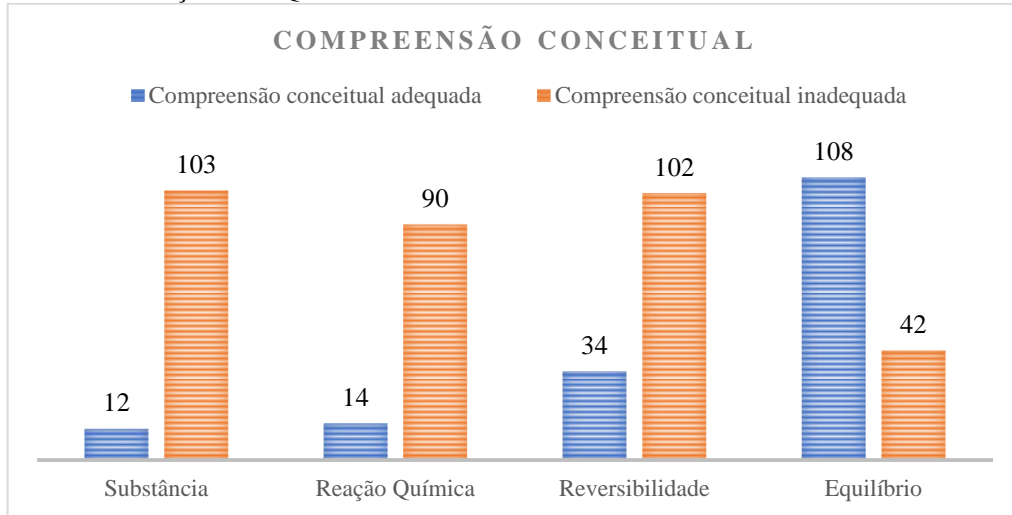
Esta sequência de ensino e aprendizagem foi baseada em uma abordagem construtivista no planejamento de desenvolvimento de suas atividades, pois entende-se que a aprendizagem do sujeito está diretamente relacionada à sua participação ativa no processo de construção do conhecimento.

Para responder à questão desta pesquisa “Quais as contribuições da implementação de uma SD sob a temática “lâmpadas halógenas” para a aprendizagem do conceito de EQ?” no que diz respeito à aprendizagem do conceito, foram aplicados questionários para saber os conhecimentos dos alunos sobre alguns conteúdos, considerados pelos professores necessários para aprender EQ e também identificados a partir do levantamento da literatura, como por exemplo: substâncias, reações química, concentração e estequiometria.

De maneira geral os alunos apresentaram muitas dificuldades em relação aos conteúdos avaliados, principalmente com relação aos conceitos de substância e reação química, portanto decidiu-se junto com os professores retomar estes conceitos durante as aulas, buscando a superação destas dificuldades. Buscou-se aqui apresentar um comparativo entre o que os alunos demonstravam conhecer inicialmente e ao final da sequência quais os conteúdos que

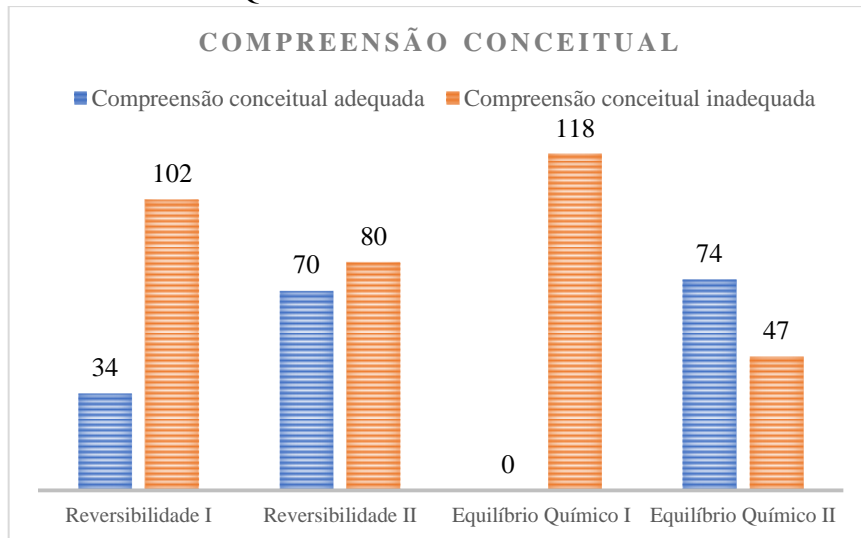
conseguiram aprender. Nas figuras a seguir pode-se observar as evoluções em relação aos conceitos estudados.

Figura 17 - Comparação entre a compreensão conceitual adequada e inadequada dos alunos sobre os subconceitos de EQ



Fonte: Da autora.

Figura 18 - Comparação entre a compreensão conceitual adequada e inadequada dos alunos sobre os conceitos de reversibilidade e EQ



Fonte: Da autora.

Na Figura 17 observou-se que a maioria dos alunos apresentava uma concepção inadequada dos conceitos: *substância*, *reação química* e *reversibilidade*, sendo que o conhecimento destes ajudariam o aluno a compreender o conceito de EQ. Ainda nesta figura apresenta-se um dado sobre o conceito de *equilíbrio* e neste a maioria dos alunos compreendem adequadamente, cabe aqui ressaltar que as questões utilizadas para avaliar este conhecimento foram respondidas pelos alunos considerando o equilíbrio mecânico do sistema, onde a maioria das respostas obtidas em sala de aula foi de que: *equilíbrio é quando está*

“igualado”, quando tem o mesmo peso ou a mesma quantidade de substância. As figuras utilizadas nesta questão foram:

Figura 19 Imagens utilizadas na questão em relação ao equilíbrio químico

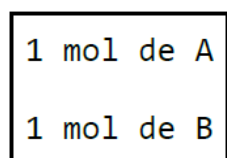


Figura 1

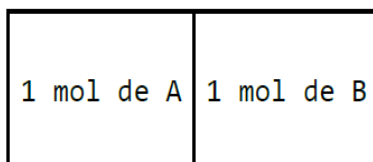


Figura 2

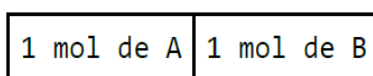


Figura 3

Fonte: FURIO; ORTIZ (1983), p. 19.

Sendo que no enunciado a informação que os alunos obtiveram foi que o sistema da figura 1 estava em equilíbrio à uma mesma temperatura, e questionava-os quanto ao equilíbrio nos sistemas da figura 2 e 3, considerando a substância A separada da substância B, em recipientes diferentes, porém à uma mesma temperatura. Para responder à estas questões os alunos deveriam considerar o volume dos recipientes e a mesma temperatura, sem interações entre as substâncias, portanto considerou-se que o equilíbrio investigado nesta questão está relacionado às variáveis físicas e não químicas do sistema.

Na figura 18 compara-se o que os alunos evoluíram em termos de conhecimento quando avaliados no questionário I e questionário II, portanto as colunas denominadas *reversibilidade I e equilíbrio químico I*, se referem aos conceitos investigados no questionário I e as colunas denominadas *reversibilidade II e equilíbrio químico II*, aos conceitos investigados no questionário II.

Em relação ao conceito de reversibilidade, ainda que todos os alunos não compreenderam corretamente o conceito, grande parte daqueles que não sabiam conseguiram aprender. O conceito de EQ, no primeiro questionário a maioria dos alunos responderam corretamente à questão utilizando “sim” ou “não” para a afirmativa, porém não justificaram e após questioná-los sobre a justificativa não conseguiram explicar a suas respostas. Portanto, consideramos que estes alunos não possuíam o conhecimento do conceito de EQ. No segundo questionário a maioria dos alunos demonstrou ter aprendido o conceito de EQ, na categoria de

compreensão inadequada encontra-se as respostas que não estão de acordo com o conceito de referência e aquelas que não apresentam justificativa.

A partir da análise geral das respostas possibilitou identificar que o objetivo de ensinar o conceito de EQ por meio da sequência elaborada foi efetivo, considerando que aqueles conceitos que os alunos apresentavam dificuldades inicialmente também foram aprendidos. Pode-se dizer de maneira geral que esta sequência contribuiu no sentido de (1) trabalhar os conceitos fundamentais para aprender EQ, ajudando-os a superar suas dificuldades, aprendendo o conceito de equilíbrio químico, (2) trabalhar os conteúdos dentro de uma temática que faça parte do cotidiano do aluno, (3) desenvolver a capacidade crítica para responder à questão inicial proposta e (4) possibilitou o estudo interdisciplinar, pois em suas discussões utilizaram conhecimentos da física e biologia para construir seus argumentos. A seguir apresentaremos uma análise mais detalhada das etapas de validação e das dimensões avaliadas a partir da implementação da SD.

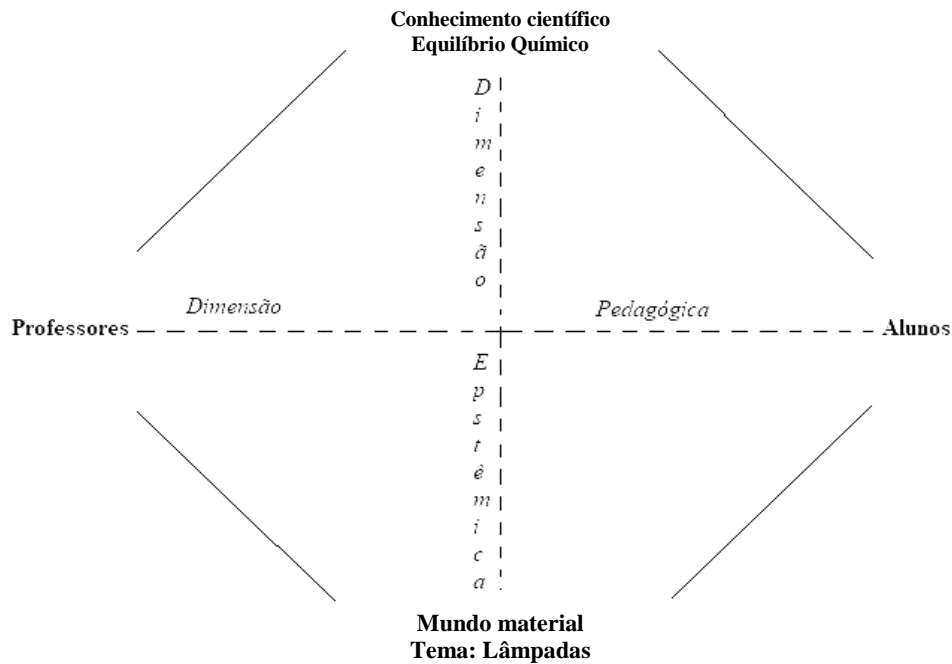
Assim como no planejamento buscou-se considerar as dimensões epistemológicas, didática e cognitiva do aprendizado, neste momento apresentaremos uma breve análise do resultado deste estudo com relação a estes parâmetros.

### **8.2.1 Dimensão epistêmica**

A dimensão epistêmica engloba os conteúdos a serem aprendidos pelos alunos e a sua relação com o mundo material.

O eixo vertical representa uma dimensão epistêmica de como o conhecimento funciona em relação ao mundo material. Ao longo desse eixo, podemos encontrar hipóteses sobre métodos científicos, processos de elaboração e validação do conhecimento científico. (MEHEUT, p. 196, 2005)

A proposta de ensino busca trabalhar com o conceito de EQ dentro de um contexto do mundo material, as lâmpadas. A partir desta relação foi possível estabelecer conexões entre o conteúdo químico estudado e os diferentes sistemas que existem sob a concepção de EQ.



Fonte: Da autora

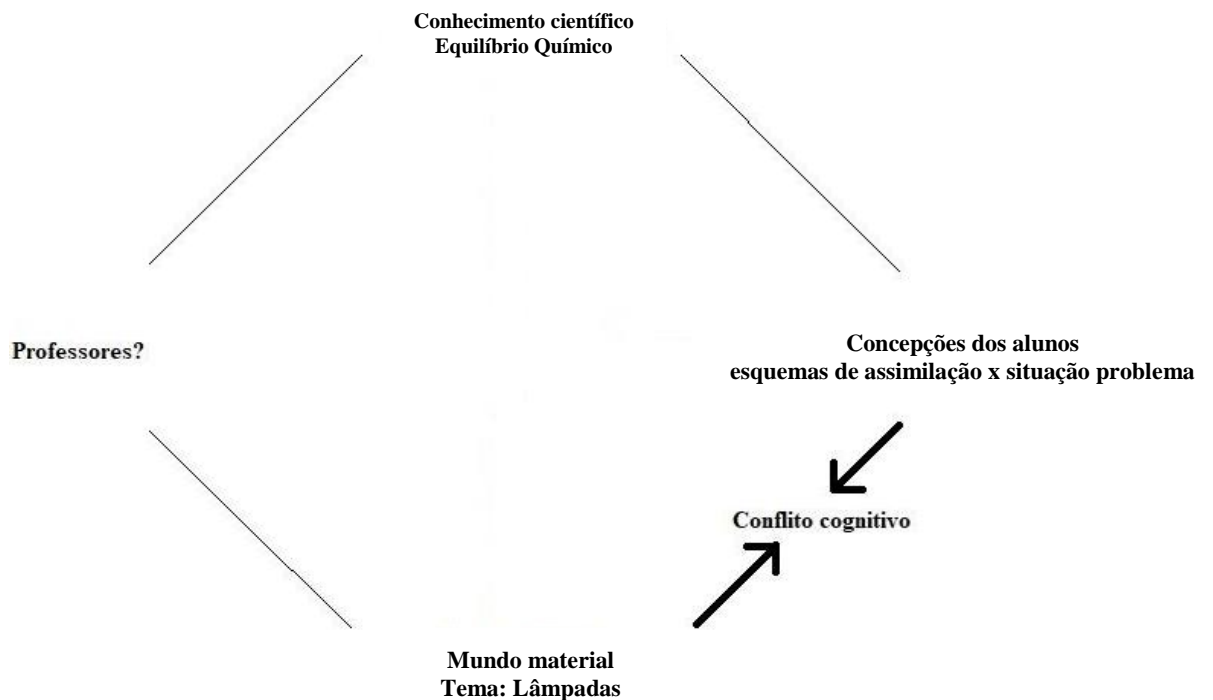
Como mostramos no início deste trabalho o equilíbrio estudado sob a temática lâmpadas nos permite compreender as reações deste sistema estudando a partir do princípio de Le Chatelier. As mudanças causadas no sistema a partir do aumento de temperatura favorecem a vaporização do tungstênio e a reação com o gás iodo, que posteriormente poderá ser depositado no filamento, novamente favorecido não só pela temperatura, mas também pela proximidade do filamento. As reações que ocorrem no sistema permitem um maior tempo de vida da lâmpada de halogênio e, ao se conhecer como a reação se comporta no seu ponto de equilíbrio, é possível que sejam feitas alterações no sistema para favorecer a formação de produtos de uma maneira que contribua para o avanço científico tecnológico.

Com isto buscou-se trabalhar com os alunos de forma a demonstrar que o conhecimento científico se relaciona com o mundo material e que as investigações de problemas podem iniciar a partir de hipóteses, e para responder às questões existem os métodos científicos que levam à investigação e análise de dados para confrontar a hipótese inicial. Em todos os momentos buscou-se deixar claro para o aluno que a elaboração e validação do conhecimento científico estão em constante evolução.

### 8.2.2 Dimensão psicocognitiva

A dimensão psicocognitiva se preocupa em analisar as características cognitivas dos alunos. Um dos momentos para se ensinar conceitos novos aos alunos é quando este percebe que os conhecimentos que possuíam anteriormente não os ajudam a entender os novos problemas apresentados, chamado conflito cognitivo. De acordo com a teoria de Piaget para se entender o desenvolvimento cognitivo são necessários os conceitos de assimilação, esquema de assimilação, acomodação, equilíbrio, conflito cognitivo e adaptação. Os esquemas de assimilação são construídos mentalmente pelos alunos para abordar a realidade e isto se torna invariante na conduta do sujeito em determinadas situações. Quando são apresentados à novas situações, às quais não possuem esquemas de assimilação determinados, o organismo tende a se modificar para criar um novo esquema de assimilação, este processo é chamado de conflito cognitivo (MOREIRA; MASSONI, 2016).

Figura 21 - Modelo representativo da relação entre a dimensão epistêmica e pedagógica para a SD elaborada



Fonte: Da autora

É importante considerar o papel do professor e a maneira como aborda o conhecimento em sala de aula, pois para construir novos conhecimentos, ou esquemas de assimilação, deve-se refletir sobre o que o aluno poderá desenvolver/produzir nestas situações. A tendência do organismo é buscar um equilíbrio cognitivo, essa equilibrção pode ser majorante ou minorante, quando a partir do conflito cognitivo o aluno não consegue construir novos esquemas e desiste do conhecimento é chamado de equilibrção minorante, e por meio desta o

aluno opta por desistir de buscar esquemas para enfrentar a situação, não contribuindo para a sua aprendizagem (MOREIRA; MASSONI, 2016).

A relação do conhecimento científico com o tema lâmpada foi escolhida também por ser próximo e fazer parte do cotidiano dos alunos, estudar o conceito para explicar esta nova situação foi algo pensado para que os alunos consigam entender a relação do conhecimento com o contexto. Além disso, para responder à questão inicial e construir suas argumentações deveriam avaliar o impacto das suas atitudes ao meio, analisando de maneira crítica seu papel como cidadão na sociedade. A seguir apresenta-se uma análise detalhada do questionário I considerando todas as turmas.



Quadro 10: Respostas dos alunos para as questões do questionário I

|           |                | QUESTIONÁRIO I                  |   |  |   |
|-----------|----------------|---------------------------------|---|--|---|
|           |                | CATEGORIAS                      |   |  |   |
|           |                | Compreensão conceitual adequada | Compreensão conceitual parcialmente adequada                                    | Compreensão conceitual inadequada  | Ausência de resposta  |
| CONCEITOS | Substância     | E32                             | E7, E9, E17, E18, E21, E33  | E2, E4, E5, E6, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E19, E20, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31 | E1, E3, E8, E15   |
|           |                | B13, B27                        | A5, A11, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21, A22, A23, A25, A33, A35             | A4, A6, A8, A10, A16, A18, A24, A28, A29, A30, A31, A32, A34   | A1, A2, A3, A7, A9, A12, A26, A37                               |
|           |                | C5, C9                          | B1, B2, B4, B7, B10, B14, B21, B22, B24, B25, B26                               | B3, B5, B6, B8, B9, B11, B12, B15, B16, B18, B23, B28, B29, B31  | B17, B19, B20, B30  |
|           |                | F1, F13, F17, F18, F22, F25     | C1, C2, C4, C6, C10, C11, C12, C13, C14, C19, C21, C22, C23, C24, C27, C28, C30 | C3, C15, C16, C18, C19   | C7, C8, C17, C20, C25, C26, C31, C32, C33, C34, C35             |
|           |                | G22                             | D20   | D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9, D10, D11, D13, D14, D16, D17, D18, D21, D22                                  | D6, D7, D12, D15, D19, D23, D24                                 |
|           |                |                                 | F3, F4, F5, F6, F7, F11, F12, F16, F29  | F2, F8, F10, F14, F15, F19, F20, F21, F23, F24, F26, F27, F28, F30, F31, F32                             | F9, F33, F34  |
|           |                |                                 | G23, G25, G27   | G1, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G16, G17, G18, G19, G20, G24, G26, G28                           | G2, G3, G4, G5, G14, G21, G29, G30, G31, G32                    |
|           |                |                                 |   |  |   |
|           |                |                                 |   |  |   |
|           |                |                                 |   |  |   |
|           | Reação Química | E17, E21, E22, E32              | E2, E4, E6, E7, E8, E9, E11, E13, E16, E19, E20, E23, E26                       | E5, E10, E14, E24, E27, E29, E30, E33  | E1, E3, E12, E15, E18, E25, E28, E31                            |
|           |                | B15, B16, B18                   | A1, A2, A3, A5, A6, A11, A20, A21, A28, A33, A35                                | A4, A8, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A18, A19, A22, A23, A24, A25, A27, A29, A30, A31, A32, A34         | A7, A9, A17, A26, A36, A37                                      |
|           |                | F2, F3, F13, F19, F28, F31      | B7, B8, B9, B13, B14, B25, B30, B31   | B5, B6, B11, B12, B27, B28, B29  | B1, B2, B3, B4, B10, B17, B19, B20, B21, B22, B23               |
|           |                | G22                             | C2, C4, C7, C22, C23, C24, C29  | C6, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C19, C20, C21, C27, C28, C30                                      | C1, C3, C5, C8, C9, C17, C18, C25, C26, C31, C32, C33, C34, C35 |
|           |                |                                 |   | D14, D16, D17, D18, D20, D21, D22  | D1, D2, D3, D4, D7, D11,  |
|           |                |                                 |   | F7, F8, F9, F10, F11, F12, F14, F16, F17, F20,   |   |

|                   |   |   |  |  |
|-------------------|---|---|--|--|
|                   |   | D5, D6, D8, D9, D10, D12                | F22, F23, F24, F25, F26, F27, F29, F30, F32  | D13, D15, D19, D23, D24  |
|                   |   | F4, F5, F6, F15, F18                    | G4, G5, G6, G7, G8, G9, G11, G14, G15, G17, G20, G24, G26, G27, G30  | F1, F21, F33, F34  |
|                   |   | G1, G13, G16, G18, G19, G23, G25, G28   |  | G2, G3, G10, G12, G21, G29, G31, G32   |
| Reversibilidade   | E5, E8, E17, E18, E21, E22, E23   | E2, E4, E7, E9, E10, E16, E31, E32, E33 | E13, E19, E24, E27, E28, E30   | E1, E3, E6, E11, E12, E14, E15, E20, E25, E26, E29   |
|                   | A17, A32  | A1, A2, A3, A5, A16, A24, A27, A29, A31 | A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A25, A26, A28, A30, A33, A34, A35            | A36, A37   |
|                   | B21, B22, B24   | B5, B15, B16, B18, B27, B28, B29        | B1, B2, B3, B4, B6, B7, B8, B9, B10, B13, B14, B23, B25, B26   | B11, B12, B17, B19, B20, B30, B31  |
|                   | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G11, G13, G17, G18, G19, G20, G22, G24, G25, G27, G28, G29, G30 | C2, C6, C11, C16, C21, C24, C29         | C1, C3, C4, C7, C10, C12, C13, C14, C15, C17, C19, C20, C22, C23, C25, C26, C27, C28, C30                                    | C5, C8, C9, C18, C31, C32, C33, C34, C35   |
|                   |   | D1, D2, D3, D4, D8                      | D9, D10, D14, D16, D17, D18  | D5, D6, D7, D11, D12, D13, D15, D19, D20, D21, D22, D23, D24                                   |
|                   |   | F3, F4, F5, F6, F16                     | F1, F2, F7, F8, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F17, F18, F19, F20, F21, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30, F31, F32 | F9, F33, F34   |
|                   |   |   | G12, G14, G15, G16, G21, G23, G26  | G10, G31, G32  |
| Equilíbrio físico | E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E14, E19, E20, E25, E26, E27, E28, E29, E31, E32     | -                                       | E11, E15, E22, E30   | E2, E16, E17, E18, E21, E23, E24, E33  |
|                   | A1, A2, A3, A4, A7, A8, A9, A10, A16, A17, A19, A22, A25, A26, A27, A30, A31, A32                   |   | A5, A6, A11, A12, A13, A14, A15, A18, A20, A23, A24, A28, A29, A33, A34  | A21, A35, A36, A37   |
|                   | B7, B8, B9, B11, B12, B26, B30, B31   |   | B5, B6, B27  | B1, B2, B3, B4, B10, B13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B28, B29 |
|                   | C1, C2, C12, C15, C16, C20, C27, C28, C29, C30  |   | C3, C10, C14, C17, C21, C25, C26   | C4, C5, C6, C7, C8, C9, C11, C13, C18, C19, C22, C23, C24, C31, C32, C33, C34, C35             |
|                   |   |   | D7, D9, D11, D13   |  |
|                   |   |   | F3, F4, F5, F6, F16, F17, F23, F24, F25  |  |

Equilíbrio  
químico

D1, D2, D3, D4, D5, D6, D8,  
D10, D14, D16, D17, D18, D22

F1, F2, F7, F9, F10, F11, F12,  
F13, F14, F18, F19, F21, F22,  
F26, F27, F28, F29, F30, F31,  
F32

G2, G3, G6, G12, G13, G14, G15,  
G16, G17, G21, G22, G23, G24,  
G25, G26, G27, G28, G30

E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11,  
E12, E13, E14, E15, E19, E20, E22, E25, E26,  
E27, E28, E29, E30, E31, E32

A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A10, A11,  
A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19,  
A20, A22, A24, A23, A25, A26, A27, A28,  
A29, A30, A31, A32, A33, A34

B1, B2, B5, B6, B13, B21, B22, B24, B25,  
B26, B27, B28, B29, B30, B31

C2, C4, C6, C10, C11, C12, C13, C14, C19,  
C21, C22, C23, C24, C27, C28, C29, C30

D5, D8, D10, D14, D18

F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11,  
F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F20, F21,  
F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30,  
F31, F32

G1, G7, G8, G9, G11, G13, G14, G16, G17,  
G18, G19, G21, G23, G25, G28, G29, G30

D12, D15, D19, D20, D21,  
D23, D24

F8, F15, F20, F33, F34

G1, G4, G5, G7, G8, G9,  
G10, G11, G18, G19, G20,  
G29, G31, G32

E2, E16, E17, E18, E21,  
E23, E24, E33

A9, A21, A35, A36, A37

B3, B4, B7, B8, B9, B10,  
B11, B12, B14, B15, B16,  
B17, B18, B19, B20, B23

C1, C3, C5, C7, C8, C9,  
C15, C16, C17, C18, C20,  
C25, C26, C31, C32, C33,  
C34, C35

D1, D2, D3, D4, D6, D7, D9,  
D11, D12, D13, D15, D16,  
D17, D19, D20, D21, D22,  
D23, D24

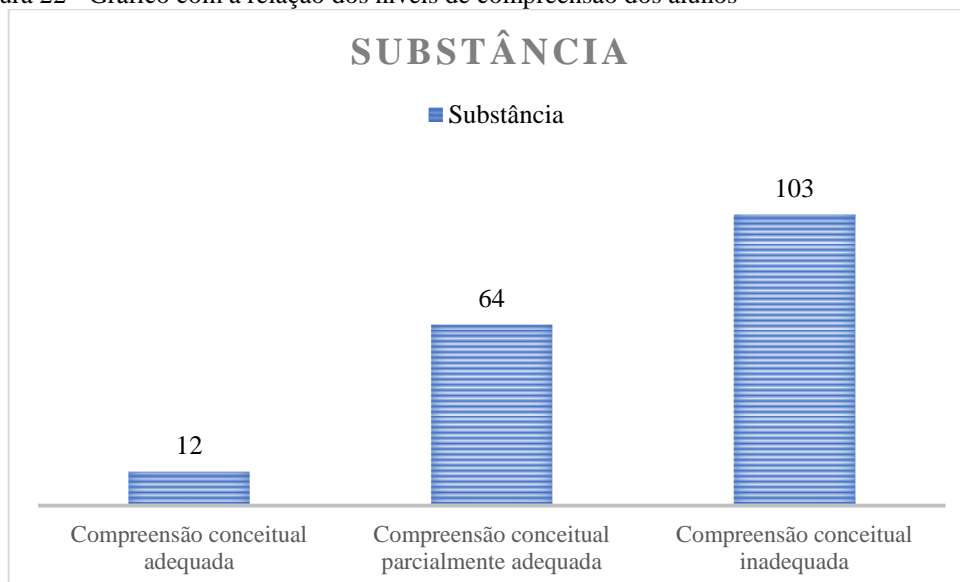
F33, F34

G2, G3, G4, G5, G6, G10,  
G12, G15, G20, G22, G24,  
G26, G27, G31, G32

No Quadro 10 os alunos foram utilizados descritivos para proteger a identidade dos alunos, para isso foram utilizadas as letras A, B, C, D, E, F, G para diferenciar as turmas e os números para diferenciar os sujeitos. Os gráficos apresentados adiante foram construídos a partir dos dados deste mesmo quadro.

Como pode-se perceber no primeiro conceito apresentado, o conceito de substância, a maioria dos alunos apresentou uma compreensão inadequada do conceito. Portanto, um dos primeiros conceitos trabalhados com os alunos em sala de aula foi o conceito de substância. Na Figura 22 abaixo se apresenta esta relação entre a quantidade de alunos que apresentaram uma compreensão conceitual adequada e aqueles que ainda não compreendiam este conceito:

Figura 22 - Gráfico com a relação dos níveis de compreensão dos alunos



Fonte: Da autora.

A maior parte das repostas apresentaram uma relação incorreta entre conceitos químicos, quando perguntamos a definição de substâncias obteve-se respostas como:

“Moléculas que podem ser representadas por fórmulas” (Aluno A31)

“Quando os elementos químicos entram em contato formando os sistemas”  
(Aluno A29)

“Substâncias são elementos químicos” (Aluno A4)

Esses exemplos mostram que os alunos não conseguiram estabelecer uma relação corretamente entre os diferentes conceitos químicos. Entendendo substância como sendo a matéria que possui propriedades específicas e composição que não varia de amostra para amostra (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005), para considerar corretas deveriam aparecer nas respostas que *substâncias possuem propriedades específicas e composição invariável*.

De forma sucinta os elementos são constituídos por átomos de mesmo número atômico, sistema é uma porção representativa do universo considerada para estudo e moléculas são ligações de dois ou mais átomos de forma específica (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005). Portanto ao afirmar que substâncias são elementos o aluno não considera para sua resposta as características específicas como: unidades estruturais, composição e propriedades fixas (densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição) e no caso de uma substância composta não conservam as propriedades de seus elementos constituintes. Estas dificuldades foram trabalhadas ao longo do desenvolvimento da SD, para que os alunos pudessem compreender o conceito de substância.

De acordo com o Quadro 5, em relação ao conceito de substância foram consideradas:

• **Compreensão conceitual adequada:** Respostas que consideram que substância possui propriedades definidas, determinadas e praticamente invariáveis nas mesmas condições de temperatura e pressão. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

Substância é qualquer espécie de matéria formada por átomos de elementos específicos em proporções específicas (Aluno G22)

Como demonstrado acima o aluno considera a especificidade das substâncias, demonstra conhecimento sobre a constituição por meio de átomos e elementos específicos, o que está de acordo com a definição utilizada como referência.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Respostas que apresentam alguns termos característicos da definição, como: especificidade, características, invariabilidade, definição. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

As substâncias são formadas por um único tipo de componente (átomos, moléculas, ou aglomerados iônicos) (Aluno C14)

Como demonstrado acima o aluno considera que as substâncias são constituídas por átomos e moléculas, comparando com a definição de referência considera-se que esta resposta está parcialmente correta, portanto uma compreensão parcialmente adequada.

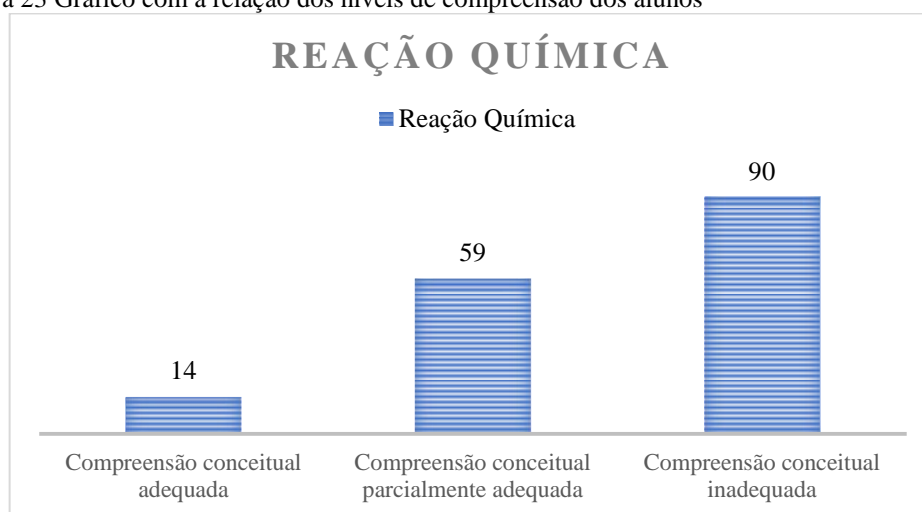
• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

É a mistura de dois reagentes que forma um produto (Aluno B31)

Esta resposta não foi considerada adequada para a questão em que se pedia o conceito de substância. Os termos reagentes e produtos estão ligados à definição de reação química, portanto considerou-se que o aluno não respondeu corretamente à questão.

Na figura 23 identifica-se que o conceito de reação química também apresentava um número expressivo de aluno que não compreendiam corretamente o conceito. Abaixo apresenta-se um gráfico com a relação entre a quantidade de aluno e a compreensão do conceito:

Figura 23 Gráfico com a relação dos níveis de compreensão dos alunos



Fonte: Da autora.

É possível identificar que a maioria dos alunos apresentaram uma compreensão conceitual inadequada, este nível de conhecimento está relacionado àqueles que não conseguiram estabelecer uma relação correta entre os conceitos químicos. Entende-se por reação química como a transformação da matéria que envolve alterações qualitativas na composição química das substâncias reagentes resultando em um ou mais produtos (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005).

Este é um dos conceitos que foi bastante retomado ao longo da implementação da SD, pois para que pudessem compreender os diferentes sistemas em EQ e a dinamicidade do sistema, seria necessário compreender o conceito de reação química. De acordo com o quadro 5 as categorias de análise para este conceito se dividem em:

- **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “Transformação da matéria em que há mudanças nas substâncias reagentes resultando na formação de um ou mais produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é:

São transformações que envolvem alterações, quebra e/ou formação de ligações entre partículas da matéria, resultando formação de nova substância.

(Aluno B15)

Na resposta deste aluno considera as transformações das espécies reagentes, resultando na formação de uma nova substância, o produto. Por estar de acordo com a definição utilizada como referência, considerou-se esta resposta como sendo compreensão conceitual adequada.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que apresentam os termos “transformação química” “formação de substâncias diferentes” “modificação nas espécies reagentes”

Ocorre quando certas substâncias sofrem transformação em relação ao reagente (Aluno B9)

Na resposta acima o aluno considera que há transformação química nas espécies reagentes, porém foi considerada parcialmente adequada por não demonstrar conhecimento sobre a formação de substâncias diferentes, podendo ser o produto uma ou mais substâncias.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo das respostas desta categoria é:

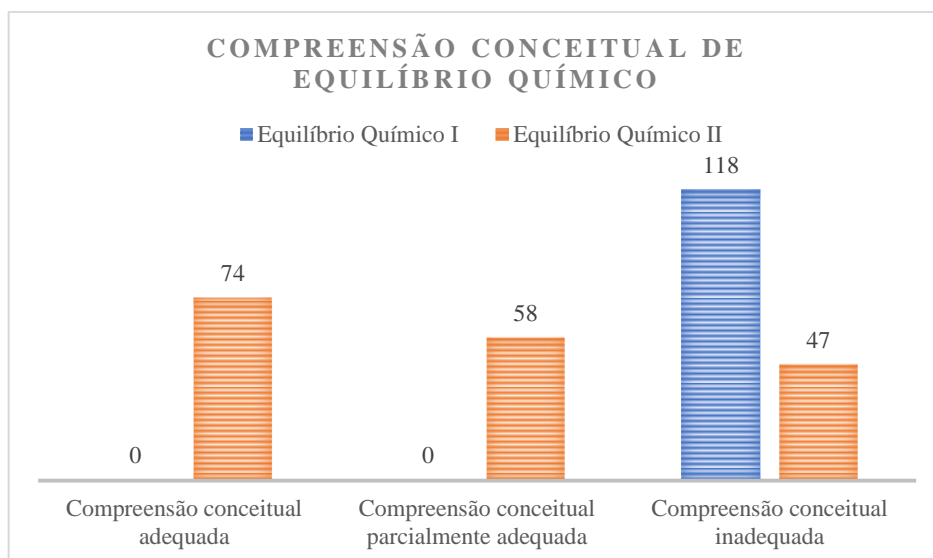
“Conjunto de substâncias” (Aluno C11)

Na resposta acima o aluno definiu reação química como sendo um conjunto de substâncias, portanto considerou-se a resposta como inadequada conceitualmente, porque não estabelece relação com o conceito. O aluno não demonstrou conhecimento sobre a transformação das espécies envolvidas, como a formação de produtos ou novas substâncias diferentes daquelas iniciais, os reagentes.

Este conteúdo que estava sendo estudado no bimestre anterior à aplicação da SD, mesmo assim os alunos apresentavam muitas dúvidas em relação ao conteúdo, se preocupavam mais em balancear equações químicas do que compreender a informação que estava sendo ensinada.

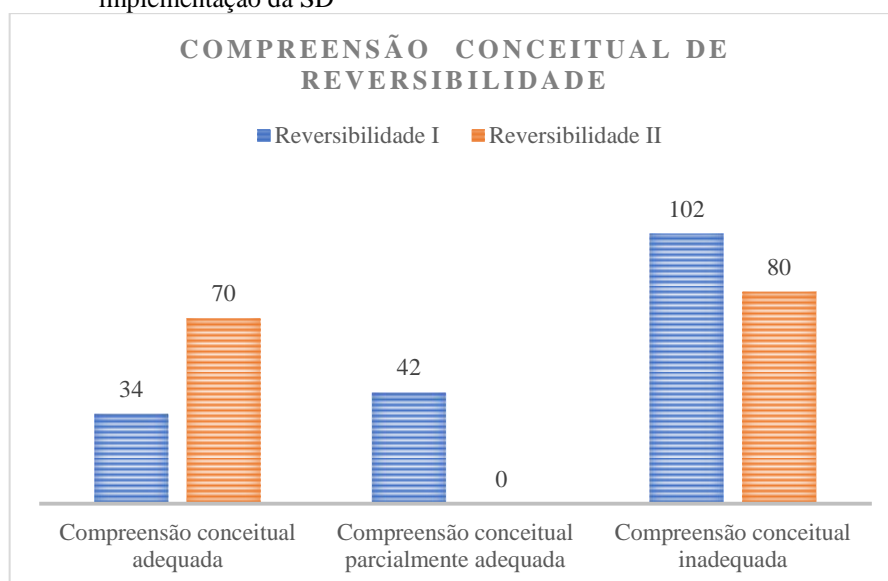
As Figuras 24 e 25 referem-se aos conhecimentos dos alunos antes da implementação da SD. A partir deste momento vamos considerar nas figuras a aprendizagem dos alunos comparando as informações do questionário I com aquelas do questionário II. Como nos gráficos apresentados a seguir para os conceitos de reversibilidade e EQ.

Figura 24 - Comparação sobre a compreensão de reversibilidade antes e depois da implementação da SD



Fonte: Da autora.

Figura 25 - Comparação da compreensão do conceito de equilíbrio químico antes e depois da implementação da SD



Fonte: Da autora.

Os índices *reversibilidade I* e *equilíbrio químico I* referem-se ao questionário I, os índices *reversibilidade II* e *equilíbrio químico II* referem-se ao questionário II. Por meio destes gráficos pode-se perceber a evolução dos alunos em relação aos conceitos estudados durante a SD e avaliados no questionário prévio e final.

Para gerar estes gráficos utilizamos um quadro com a relação das respostas obtidas no questionário II, este quadro é apresentado a seguir.



Quadro 11 - Relação das respostas dos alunos no questionário II de acordo com a categoria de análise

| QUESTIONÁRIO II |                                 |   |   |   |  |
|-----------------|---------------------------------|---|---|---|--|
| CATEGORIAS      |                                 |   |   |   |  |
|                 | Compreensão conceitual adequada | Compreensão conceitual parcialmente adequada  | Compreensão conceitual inadequada   | Ausência de resposta  |  |
| CONCEITOS       | Reversibilidade                 | E2, E8, E11, E13, E14, E15, E16, E17<br>E21, E23<br>A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10,<br>A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17,<br>A18, A19, A20, A21, A36, A37<br>B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12,<br>B13, B14<br>C1, C2, C7, C11, C12, C32<br>D8<br>F2, F4, F5, F6, F8, F10, F12, F13, F14,<br>F15, F16, F17, F18, F19, F20, F25,<br>F26, F27, F28, F29, F34 |   | E1, E3, E4, E5, E6, E7, E10, E12,<br>E13, E18, E19, E20, E22, E24, E25,<br>E26, E27, E28, E29<br>A6<br>B1, B2, B3, B4, B15, B16, B17<br>C4, C5, C6, C8, C9, C10, C13, C14,<br>C15, C16, C33, C34<br>D1, D2, D3, D4, D5, D6, D9, D10,<br>D11, D12, D13, D23, D24<br>F1, F3, F7, F9, F11, F23, F24, F33<br>G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8,<br>G9, G10, G12, G13, G14, G15, G16,<br>G17, G18, G31, G32 | E9, E30, E31, E32, E33<br>A22, A23, A24, A25, A26,<br>A27, A28, A29, A30, A31,<br>A32, A33, A34, A35<br>B18, B19, B20, B21, B22,<br>B23, B24, B25, B26, B27,<br>B28, B29, B30, B31<br>C3, C17, C18, C19, C20,<br>C21, C22, C23, C24, C25,<br>C26, C27, C28, C29, C30,<br>C31, C35<br>D14, D15, D16, D17, D18,<br>D19, D20, D21, D22<br>F21, F22, F30, F31, F32<br>G11, G19, G20, G21, G22,<br>G23, G24, G25, G26, G27,<br>G28, G30 |
|                 | Equilíbrio Químico              | E1, E6, E13, E16<br>A5, A6, A7, A9, A17, A21<br>B4<br>C1, C2, C3, C5, C8, C9, C10, C11,<br>C12, C13, C14, C15, C32, C33, C35<br>D1, D2, D3, D4, D6, D9, D10, D11,<br>D12, D13, D23<br>F3, F4, F5, F6, F15, F16, F17, F18,<br>F19, F21, F23, F24, F25, F27, F28,<br>F34  | E2, E4, E5, E7, E8, E10, E14,<br>E23, E24, E25, E27<br>A1, A2, A3, A4, A8, A10, A11,<br>A12, A13, A14, A15, A16, A18,<br>A19, A20, A36, A37<br>B2, B3, B7, B8, B9, B10, B15,<br>B16, B17<br>C4, C6, C7, C34<br>D8<br>F8, F9, F13, F14, F20, F22, F26,<br>F29, F33<br>G12, G14, G15, G16, G31, G32 | E15, E17, E19, E20, E21, E22, E26,<br>E28, E29<br>B1, B5, B6, B11, B12, B13, B14<br>C31<br>D5, D7, D24<br>F1, F2, F7, F11, F12<br>G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8,<br>G9, G10, G13, G17, G18   | E3, E9, E11, E12, E18, E30,<br>E31, E32, E33<br>A22, A23, A24, A25, A26,<br>A27, A28, A29, A30, A31,<br>A32, A33, A34, A35<br>B18, B19, B20, B21, B22,<br>B23, B24, B25, B26, B27,<br>B28, B29, B30, B31<br>C16, C17, C18, C19, C20,<br>C21, C22, C23, C24, C25,<br>C26, C27, C28, C29, C30<br>D14, D15, D16, D7, D18,   |

Equilíbrio  
Dinâmico

E2, E8, E11, E13, E14, E15, E16, E21,  
E23  
A5, A6  
B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12,  
B13, B14, B17  
C6, C7, C11, C12, C15, C16, C32  
D8, D9, D11  
F1, F2, F3, F4, F5, F6, F9, F13, F16,  
F17, F18, F19, F20, F21, F22, F23,  
F24, F25, F26

E17  
A4, A8, A10, A16  
B4  
C4  
F7, F8, F11, F12, F14, F15, F27,  
F28, F29  
G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8,  
G9, G10, G12, G13, G14, G15,  
G16, G17, G18, G31, G32

E1, E3, E4, E5, E6, E7, E10, E12,  
E13, E16, E18, E19, E20, E21, E22,  
E24, E25, E26, E27, E28, E29  
A1, A2, A3, A7, A9, A11, A12,  
A13, A14, A15, A17, A19, A20,  
A21, A36, A37  
B1, B2, B3, B15, B16  
C1, C2, C3, C5, C8, C9, C10, C13,  
C14, C31, C33, C34, C35  
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D10,  
D13, D23, D24  
F33

D19, D20, D21, D22  
F10, F30, F31, F32  
G11, G19, G20, G21, G22,  
G23, G24, G25, G26, G27,  
G28, G29, G30

E9, E30, E31, E32, E33  
A18, A22, A23, A24, A25,  
A26, A27, A28, A29, A30,  
A31, A32, A33, A34, A35  
B18, B19, B20, B21, B22,  
B23, B24, B25, B26, B27,  
B28, B29, B30, B31  
C17, C18, C19, C20, C21,  
C22, C23, C24, C25, C26,  
C27, C28, C29, C30  
D12, D14, D15, D16, D17,  
D18, D19, D20, D21, D22  
F10, F20, F31, F32  
G11, G19, G20, G21, G22,  
G23, G24, G25, G26, G27,  
G28, G29, G30

Fonte: Da autora.

O conceito de reversibilidade foi abordado no primeiro e segundo momento avaliativo da SD e, inicialmente, poucos alunos conseguiram compreender a relação entre o conceito de reversibilidade e o conteúdo de reações químicas. No primeiro questionário 178 alunos responderam à questão de reversibilidade e no segundo questionário apenas 150 alunos responderam e os números dos alunos que não responderam à questão não foram representados no gráfico, porém no Quadro 7 é possível identificar esses dados.

De acordo com a figura 20 percebe-se que o número de alunos que apresentaram compreensão conceitual adequada aumentou no questionário II, ou seja, após a implementação da SD. Com relação ao conceito de EQ percebe-se que no questionário I os alunos não apresentavam conhecimento sobre o conceito e após a implementação da sequência didática, que teve como objetivo ensinar este conceito, os alunos apresentaram compreensão conceitual adequada e parcialmente adequada, diminuindo o número de alunos que não compreenderiam adequadamente o conceito.

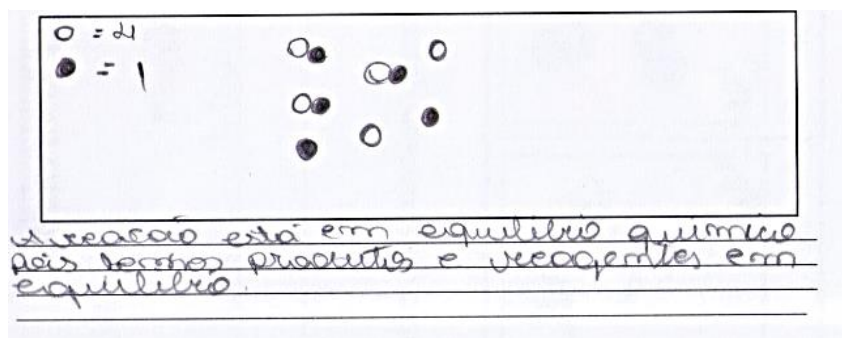
De acordo com o quadro 5 considerava-se para o conceito de reversibilidade:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior”. Um exemplo de resposta dessa categoria é

No sistema A o reagente produz o produto e o produto também produz o reagente. No sistema B apenas o reagente produz o produto. (Aluno A17)

Nesse caso o aluno demonstrou conhecer que a reação pode retornar ao seu estado anterior, de acordo com o referencial utilizado esta resposta foi considerada conceitualmente adequada. Esta resposta foi obtida no questionário I, no questionário II os alunos deveriam representar por meio de desenho uma reação reversível e foram consideradas corretas aquelas que apresentaram as moléculas do produto e do reagente em um mesmo sistema, como na representação a seguir:

Figura 26 - Representação de um aluno para a reação entre hidrogênio e iodo



Fonte: Da autora.

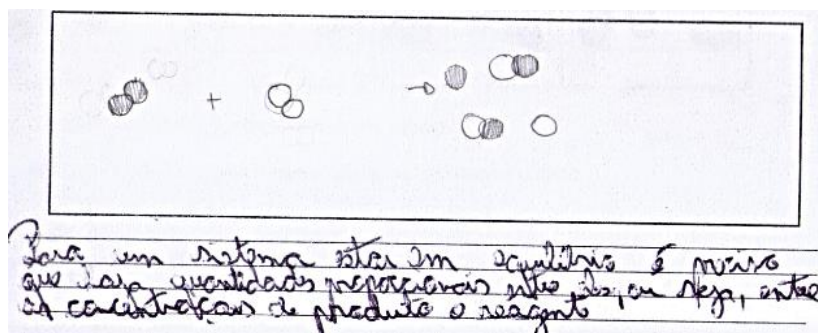
Nesta representação identifica-se a partir da legenda do aluno que o elemento hidrogênio foi representado por um círculo branco e o elemento iodo por um círculo preto. A formação da molécula  $\text{HI}_{(g)}$  foi representada pela ligação, aproximação, dos elementos iodo e hidrogênio, e tem-se em um mesmo sistema (ou mesmo ambiente) presente moléculas de reagente e produto.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos “reação reversível” “produtos podem formar reagentes e reagentes formam produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é

Que o reagente faz o produto, o produto faz o reagente (Aluno A1)

De acordo com a resposta acima se percebe que o aluno demonstrou conhecer que o reagente pode formar uma nova substância denominada produto da reação, e o mesmo pode retornar ao estado inicial, às moléculas de reagente. Porém por não descrever que isso acontece por meio de uma reação como no exemplo anterior, considerou-se parcialmente adequada. Esta resposta foi obtida no questionário I, para o questionário II o exemplo de uma representação considerada parcialmente correta é

Figura 27 - Representação de um aluno da reação entre hidrogênio e iodo



Fonte: Da autora.

Nesta representação o aluno demonstra as moléculas dos reagentes iniciais  $H_{2(g)}$  e  $I_{2(g)}$  e ao reagir demonstra a existência das espécies  $HI_{(g)}$ , H e I. Esta resposta foi considerada parcialmente adequada por representar o sistema por meio de uma equação e por não representar moléculas do produto junto às moléculas do reagente.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

O sistema A está balanceado (Aluno A9)

A partir do conceito utilizado como referência para explicar as reações do sistema o aluno considerou a equação balanceada, demonstrando que o conceito de reversibilidade para ele é igual ao conceito de balanceamento de equações químicas. Portanto, esta resposta foi considerada inadequada para a questão que se buscava o conceito de reversibilidade.

Esses relatos demonstraram que alguns alunos entendiam que, após serem formados os produtos de uma reação química esta poderia acontecer no sentido inverso, voltando a se formar reagentes, a partir das indicações das setas presentes nos sistemas. Para ensinar o conceito de EQ precisaríamos trabalhar com reações reversíveis, por isso pediu-se para os alunos responderem a esta questão no início da SD.

Para o conceito de equilíbrio entende-se como aquele em que as propriedades macroscópicas de um sistema em EQ, permanecem constantes e as propriedades microscópicas, como transformação de uma substância em outra, permanecem em evolução, pois o EQ é dinâmico, e as velocidades dos processos diretos e inversos são iguais (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005).

Ao final da SD a maior parte dos alunos conseguiu compreender o conceito de maneira adequada ou parcialmente adequada, sendo que o número de alunos que

apresentaram uma compreensão inadequada diminuiu. Alguns alunos não responderam às questões relacionadas ao conceito de EQ no segundo questionário, portanto seus dados não aparecem no gráfico. Como as aulas aconteceram durante um período e a avaliação por meio do questionário II foi realizada na última aula, aqueles alunos que faltaram à aula não responderam o questionário. De acordo com o quadro 5 considerou-se para o conceito de equilíbrio químico as seguintes categorias:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “As propriedades macroscópicas de um sistema em equilíbrio químico, permanecem constantes e as propriedades microscópicas, como transformação de uma substância em outra, permanecem em evolução, pois o EQ é dinâmico”. Um exemplo de resposta desta categoria é

É a situação em que a proporção entre os reagentes e produtos de uma reação química se mantém constante ao longo do tempo  
(Aluno C8)

Esta resposta foi obtida no questionário II ao final da SD, e pode-se perceber que o aluno compreendeu que ao atingir o estado de EQ estão presentes no sistema reagentes e produtos em uma proporção constante. Ao dizer “ao longo do tempo” entende-se que o aluno compreendeu que a reação continua acontecendo e não cessa ao atingir o equilíbrio.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que apresentam os termos “propriedades constantes” “não há alterações visíveis no sistema”, “composição constante”. Um exemplo de resposta desta categoria é

São sistemas que são compostos por reações reversíveis (Aluno A14)

Esta resposta foi obtida no questionário II ao final da SD, e pode-se perceber que o aluno compreendeu que um sistema em EQ é composto por reações reversíveis, ou seja, tem-se a presença de produtos e reagentes no estado de equilíbrio e que isso é uma característica do sistema.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

Nem sempre é igual, mais para isso ela precisa atingir um ponto que fique constante (paralelas) (Aluno B5).

Esta resposta foi obtida no questionário II ao final da SD, e pode-se perceber que o aluno ao utilizar a palavra “paralela” demonstrou a ideia de que as reações acontecem em lados opostos, ou seja, as reações são constantes, porém acontecem em lados opostos. Na literatura alguns autores demonstram que romper com a ideia de que as reações acontecem em lados diferentes é uma das dificuldades dos alunos e professores (AKCAY; YAGER, 2016; CHENG, 2018; KARPUDEWAN et al., 2015)

Diferentemente do conceito de EQ, o conceito de equilíbrio dinâmico foi mais difícil de alcançar no trabalho desta sequência. Um dos professores sugeriu trabalhar com diferentes tipos de modelos, ou até mesmo softwares para que os alunos conseguissem construir uma representação do que seria o conceito de equilíbrio dinâmico. Nesta aplicação não foi possível trabalhar estes pontos por disponibilidade de tempo, respeitando o calendário escolar, e também por tempo de desenvolvimento destes materiais.

Alguns alunos apresentaram dificuldades na construção de respostas conceitualmente adequadas sobre o conceito exposto nos gráficos acima, algumas dessas dificuldades decorrentes do conhecimento equivocado sobre determinados conteúdos químicos. Como dito anteriormente esta sequência foi implementada em uma turma-alvo, e após esta implementação foram feitas algumas alterações em colaboração com os professores para que pudessem ser incluídas atividades que ajudassem os alunos a construir o conceito de EQ. Após estas alterações a sequência foi implementada novamente em outras turmas e uma destas foi escolhida, por meio de sorteio, como turma-alvo, para que se pudesse apresentar uma análise detalhada da evolução dos alunos

### **8.2.3 Análise do questionário I: Turma - Alvo**

A turma alvo é composta por 34 alunos, nesta etapa da sequência já haviam sido feitas alterações necessárias após a implementação na turma piloto sendo que foram ministradas oito (8) aulas durante o bimestre. As respostas foram obtidas por meio do questionário I e classificadas a partir das categorias previamente estabelecidas. Serão

apresentados os dados referentes aos conceitos de *substância*, *reação química*, *reversibilidade* e *equilíbrio químico*. Abaixo no quadro 9 demonstra-se a categorização das respostas do questionário I desta turma.

Quadro 12: Categorização das respostas dos alunos da turma alvo do questionário I

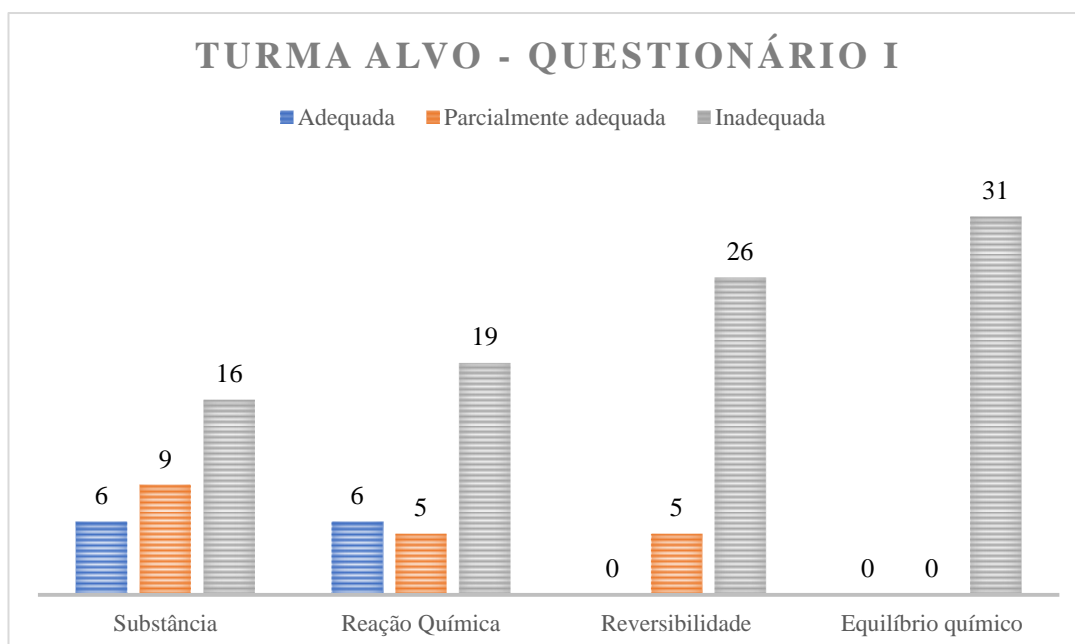
|                    |                 | QUESTIONÁRIO I                  |  |  |                      |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|--|--|----------------------|
| CONCEITOS          |                 | CATEGORIAS                      |  |  |                      |
|                    |                 | Compreensão conceitual adequada | Compreensão conceitual parcialmente adequada   | Compreensão conceitual inadequada  | Ausência de resposta |
|                    | Substância      | F1, F13, F17, F18, F22, F25     | F3, F4, F5, F6, F7, F11, F12, F16, F29   | F2, F8, F10, F14, F15, F19, F20, F21, F23, F24, F26, F27, F28, F30, F31, F32   | F9, F33, F34         |
|                    | Reação Química  | F2, F3, F13, F19, F28, F31      | F4, F5, F6, F15, F18   | F7, F8, F9, F10, F11, F12, F14, F16, F17, F20, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F29, F30, F32                                   | F1, F21, F33, F34    |
|                    | Reversibilidade |                                 | F3, F4, F5, F6, F16  | F1, F2, F7, F8, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F17, F18, F19, F20, F21, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30, F31, F32 | F9, F33, F34         |
| Equilíbrio químico |                 |                                 | F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F20, F21, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30, F31, F32 | F33, F34   |                      |

Fonte: Da autora.

A partir do quadro 9 construiu-se um gráfico apresentado na figura 25, demonstrando o nível de compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados no questionário I.

Figura 28 - Gráfico com a categorização das respostas dos alunos ao questionário I





Fonte: Da autora.

Em relação ao conceito de **substância** a maior parte dos alunos apresentou compreensão conceitual inadequada. Em uma das questões pediu-se para que os alunos descrevessem o que entendem por substância e a maior parte das repostas apresentaram uma relação incorreta entre conceitos químicos. De acordo com o quadro 5, com relação ao conceito de substância foram consideradas:

- **Compreensão conceitual adequada:** Respostas que consideram que substância possui propriedades definidas, determinadas e praticamente invariáveis nas mesmas condições de temperatura e pressão. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

Substância é qualquer espécie de matéria formada por átomos e elementos específicos com proporção específica (Aluno F1)

Tomando como exemplo a resposta do aluno F1, entende-se que os alunos que estão englobados nesta mesma categoria conseguiram se aproximar no sentido de que compreendem que diferentes elementos podem constituir uma substância, em proporções específicas e que possuem propriedades que podem ser identificadas. Entende-se substância como sendo a matéria que possui propriedades específicas e composição que não varia de amostra para amostra (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005), para considerar corretas deveriam aparecer nas respostas que *substâncias possuem propriedades específicas e composição invariável*.

- **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Respostas que apresentam alguns termos característicos da definição, como: especificidade, características,

invariabilidade, definição. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

São propriedades definidas compostas ou não, praticamente invariável,  
Ex: H<sub>2</sub>O (Aluno F3)

Percebe-se que o aluno conseguiu relacionar e compreender que as substâncias possuem propriedades definidas e que estão são invariáveis, inerente à cada substância. Porém faltou especificar do que é constituída a substância química, seja por átomos, elementos ou moléculas.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria pode ser observado a seguir:

São misturas que podem ser líquidas ou gasosas, tendo em sua composição (soluto e solvente) Ex: CO<sub>2</sub> (Aluno F10)

Esta resposta não foi considerada adequada para a questão em que se pedia o conceito de substância. De forma sucinta os elementos são constituídos. Portanto, ao afirmar que substâncias são elementos o aluno não considera para sua resposta as características específicas das substâncias.

Assim como no conceito anterior, pediu-se que os alunos descrevessem o que entendem por **reação química** e identificou-se que a maioria dos alunos apresentou uma compreensão conceitual inadequada, este nível de conhecimento está relacionado àqueles que não conseguiram estabelecer uma relação correta dos conceitos químicos. Entende-se por reação química como sendo a transformação da matéria que envolve alterações qualitativas na composição química das substâncias reagentes resultando em um ou mais produtos (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005). De acordo com o quadro 5 as categorias de análise para este conceito se dividem em:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “Transformação da matéria em que há mudanças nas substâncias reagentes resultando na formação de um ou mais produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é:

Uma reação química ocorre quando um material passa por uma transformação em que sua constituição muda, ou seja, seus átomos se rearranjam para formar novas substâncias (Aluno F28)

Este aluno demonstrou conhecimento sobre as transformações químicas dos reagentes para que se formem os produtos. Aquelas respostas que se aproximam da

definição utilizada como referência são classificadas na primeira categoria e demonstram que o aluno consegue identificar os componentes de uma reação química por incluir em sua resposta as etapas para a formação de novos produtos, ou novas substâncias, e ainda, que os elementos constituintes dos reagentes se reorganizam se mantendo dentro daquele sistema. Estas respostas foram agrupadas na categoria compreensão conceitual adequada por demonstrar conhecimento sobre as transformações químicas que ocorrem nos reagentes a partir da reação, formando uma substância diferente da inicial.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que apresentam os termos “transformação química” “formação de substâncias diferentes” “modificação nas espécies reagentes”

É a união de 2 substâncias diferentes que resulte em outra substância diferente (Aluno F15)

Na resposta o aluno considerou que há formação de substâncias diferentes, o produto da reação, porém percebe-se que o aluno entende o processo como sendo principalmente de formação de uma nova substância, não discute em um nível atômico molecular o que pode ocorrer no sistema.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo das respostas desta categoria é:

Conjunto de junção e reações entre substâncias químicas (Aluno F20)

Na resposta o aluno definiu reação química como sendo um conjunto de junção entre substâncias, não demonstrando conhecimento sobre a transformação das espécies envolvidas, como a formação de produtos ou novas substâncias diferentes daquelas iniciais, os reagentes. Na terceira categoria os alunos não conseguem estabelecer relações entre os conceitos químicos para explicar o conceito de reação química, entende que existem mais de uma substância envolvida no processo, porém não demonstra explicação conceitual do sistema.

O conceito de **reversibilidade** foi abordado no primeiro e segundo momento avaliativo da SD e esta turma especificamente não apresenta nenhuma compreensão conceitual adequada. De acordo com o quadro 5 considerava-se para o conceito de reversibilidade:

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos “reação reversível” “produtos podem formar reagentes e reagentes formam produtos”. Um exemplo de resposta desta categoria é

[...] o reagente vira produto e depois volta a ser reagente (Aluno F6)

Na categoria compreensão conceitual parcialmente adequada entende-se que o aluno compreendeu que o reagente inicial irá passar por uma transformação e se tornar um produto, e o produto desta reação, poderá reagir novamente com os outros componentes do sistema, retornando ao reagente inicial. Este tipo de resposta apresenta uma visão compartimentada da reação considerando que acontece em lados diferentes, ainda que demonstre o conhecimento de que as reações reversíveis acontecem a partir da transformação dos reagentes em produtos e que os produtos podem reagir e formar as substâncias reagentes (BROWN; JR.; BURSTEN, 2005).

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

A diferença é as setas, porque os reagentes se interagem entre eles e formam os produtos, isso interagem entre eles e formam o equilíbrio químico (Aluno F32)

As respostas da categoria compreensão inadequada fazem referência ao EQ do sistema, utilizando a representação de uma reação reversível para caracterizar um sistema em equilíbrio. Muitos alunos responderam esta questão estabelecendo este tipo de relação, porém é uma concepção equivocada tanto do conceito de EQ quanto do conceito de reversibilidade.

Em relação ao conceito de **EQ** nenhum aluno conseguiu responder à questão, portanto não se apresenta os dados referentes ao primeiro questionário neste momento, isso já era esperado, pois o objetivo da SD era justamente ensinar este conceito aos alunos.

A partir do questionário I trabalhamos as dificuldades que os alunos possuíam com determinados conceitos para então dar continuidade nas atividades da SD. Ao final desta sequência foi trabalhado com os alunos um questionário sobre os conceitos relacionados ao conteúdo de EQ, para identificar em que medida compreendia o conceito de EQ.

O questionário I contribuiu, principalmente, para que fossem organizadas as discussões retomando os conceitos que possuíam dificuldades de compreensão e que seriam importantes para que construíssem o conceito de EQ adequadamente. Este questionário foi analisado pela pesquisadora e os pontos principais foram discutidos com os professores, esses pontos englobam: os conceitos que os alunos possuem conhecimento equivocado, as dificuldades apresentadas para estabelecer relações entre os conteúdos e a compreensão dos conceitos necessários para se aprender equilíbrio.

### 8.2.4 Análise do questionário II - Turma-Alvo

O questionário II foi a última etapa de avaliação da SD, possuindo quatro (4) questões em que se objetivava compreender a aprendizagem dos alunos sobre o conceito de equilíbrio químico. Portanto pretende-se aqui apresentar a análise dos conceitos de *reversibilidade e equilíbrio químico*. A seguir demonstra-se no quadro 11 a relação das respostas dos alunos da turma alvo no questionário II.

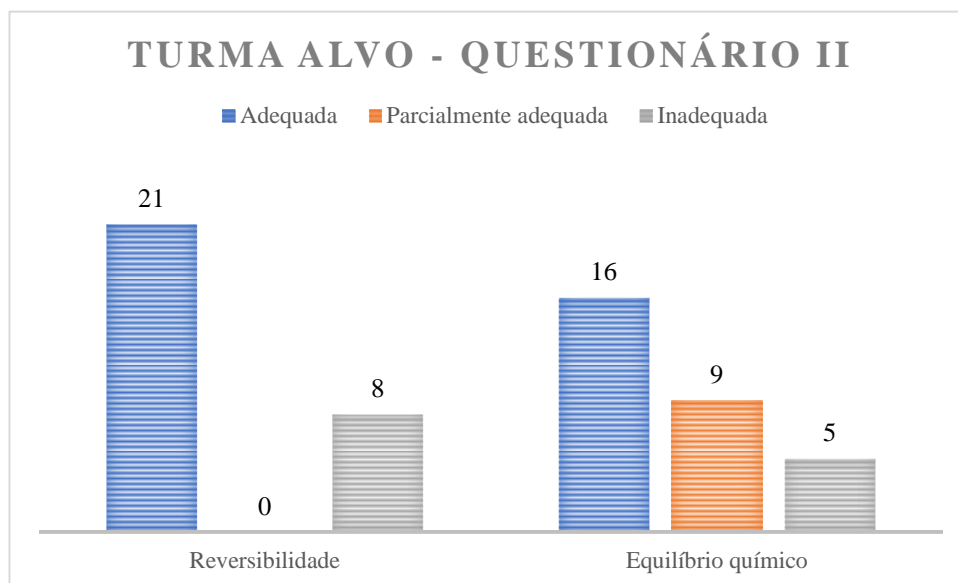
Quadro 13: Relação das respostas dos alunos da turma alvo no questionário II

| QUESTIONÁRIO II |                    |  |  |                                    |                         |
|-----------------|--------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------|
| CATEGORIAS      |                    |  |  |                                    |                         |
|                 |                    | Compreensão conceitual adequada  | Compreensão conceitual parcialmente adequada | Compreensão conceitual inadequada  | Ausência de resposta    |
| CONCEITOS       | Reversibilidade    | F2, F4, F5, F6, F8, F10, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F19, F20, F25, F26, F27, F28, F29, F34 |  | F1, F3, F7, F9, F11, F23, F24, F33 | F21, F22, F30, F31, F32 |
|                 | Equilíbrio Químico | F3, F4, F5, F6, F15, F16, F17, F18, F19, F21, F23, F24, F25, F27, F28, F34                         | F8, F9, F13, F14, F20, F22, F26, F29, F33    | F1, F2, F7, F11, F12               | F10, F30, F31, F32      |

Fonte: Da autora.

A partir do quadro 11 construiu-se um gráfico apresentado na figura 29, demonstrando o nível de compreensão dos alunos com relação aos conceitos abordados no questionário I.

Figura 29 - Gráfico da categorização das respostas da turma alvo no questionário II



Fonte: Da autora.

Inicialmente pode-se perceber que a maioria das respostas está enquadrada nas categorias: compreensão conceitual adequada e parcialmente adequada do conteúdo. Muitos alunos que possuíam dificuldades com os conceitos químicos avançaram em suas discussões e no entendimento do conteúdo estudado.

Para analisar se os alunos compreendem adequadamente reações reversíveis dentro de um sistema, utilizou-se a representação de uma equação por meio de um desenho. Aqueles alunos que representaram as reações acontecendo em lados diferentes do sistema foram englobados na categoria: compreensão conceitual inadequada do conceito. Enquanto que aqueles alunos que construíram uma representação demonstrando reagentes e produtos em um mesmo sistema, sem diferenciação de lados em um recipiente, foram englobados na categoria: compreensão conceitual adequada do conceito.

De acordo com o Quadro 5 considerava-se para o conceito de reversibilidade:

- **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior”. No questionário II os alunos deveriam representar por meio de desenho uma reação reversível e foram consideradas corretas aquelas que apresentassem as moléculas do produto e do reagente em um mesmo sistema, como na representação a seguir:

Figura 30 - Representação de uma reação reversível por um aluno da turma alvo

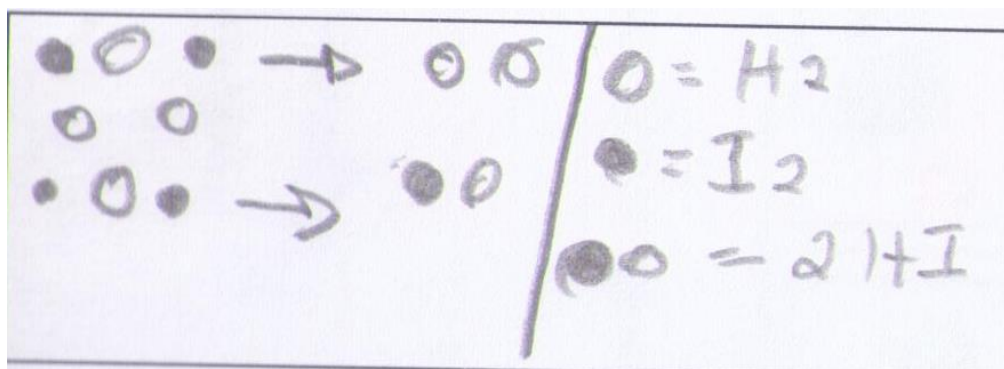


Fonte: Da autora.

Nesta representação a partir da legenda construída pelo aluno verifica-se que este representou uma reação reversível, pois em um mesmo sistema estão presentes as espécies dos reagentes e dos produtos.

- **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentaram relações corretas entre conceitos químicos. No questionário II os alunos deveriam representar uma reação reversível entre o gás hidrogênio e iodo, um exemplo desta categoria é a Figura 32.

Figura 31 - Representação de uma reação reversível por um aluno da turma alvo



Fonte: Da autora.

Nesta representação identifica-se que o aluno representou as espécies dos reagentes e o produto da reação, porém não demonstrou de maneira clara a coexistência das três representações em um único ambiente. Na representação do aluno não se encontra todas as espécies da reação entre o gás hidrogênio e iodo, por isso considerou-se como uma representação inadequada.

Para o conceito de **EQ** a maior parte dos alunos conseguiu compreender o conceito de maneira adequada ou parcialmente adequada, sendo que o número de alunos que apresentaram uma compreensão inadequada diminuiu. Os que pode demonstrar que os alunos conseguiram construir o conceito de EQ ao longo da implementação desta

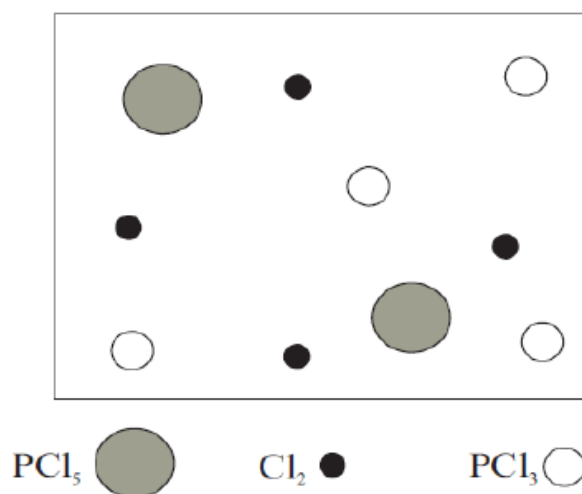
sequência. De acordo com o Quadro 5 considerou-se para o conceito de equilíbrio químico as seguintes categorias:

• **Compreensão conceitual adequada:** Se enquadram nesta categoria as respostas que se aproximem de “As propriedades macroscópicas de um sistema em equilíbrio químico, permanecem constantes e as propriedades microscópicas, como transformação de uma substância em outra, permanecem em evolução, pois o equilíbrio químico é dinâmico”. Um exemplo de resposta desta categoria é

Acontecem reações reversíveis, composto por reações diretas e inversas. Essas reações acontecem simultaneamente as propriedades macroscópicas se mantêm constante e as propriedades microscópicas estão em constante evolução (equilíbrio dinâmico) (Aluno F4)

Nesta resposta o aluno demonstrou compreender em nível macroscópico e atômico molecular as características de um sistema em EQ, comparado ao conceito químico utilizado como referência. Podem-se comparar as respostas deste mesmo aluno no primeiro questionário, onde a questão referente ao conceito de EQ apresentava a seguinte Figura 33.

Figura 32 - Representação de um sistema em equilíbrio químico



Fonte: FURIO; ORTIZ (1983), p. 19.

E a resposta do aluno F4 foi que esta “é uma representação de um sistema em equilíbrio, pois o sistema mostra reagentes e produtos reagindo entre si”. Antes de implementar a SD os alunos não haviam estudado o conceito de EQ, ainda que a resposta esteja correta percebe-se que ao final das atividades o conceito de EQ foi



construído a partir de outros conceitos químicos utilizados para explicar e fundamentar a sua afirmativa.

• **Compreensão conceitual parcialmente adequada:** Se enquadram nesta categoria respostas que apresentam os termos “propriedades constantes” “não há alterações visíveis no sistema”, “composição constante”. Um exemplo de resposta desta categoria é

Que as propriedades (concentração) do sistema permanecem constante (Aluno F33)

Esta resposta foi a partir do questionário II, sendo que este mesmo aluno não respondeu ao questionário I, pois não estava presente na aula. Pode-se perceber que o aluno compreendeu as características macroscópicas do sistema, porém não demonstra conhecimento da dinamicidade do EQ. De acordo com a resposta, o aluno considerou apenas a concentração como uma variável para definir um sistema em EQ, esperava-se que se construísse uma resposta em nível atômico molecular, por isso é classificada como parcialmente adequada.

• **Compreensão conceitual inadequada:** Se enquadram nesta categoria aquelas respostas que não apresentam relações corretas entre conceitos químicos. Um exemplo de resposta desta categoria é

É quando as reações se encontram equilibradas ou sem balanceamento (Aluno F20)

Na resposta o aluno utilizou os termos equilibrado e balanceado como sinônimos, evidenciando que as dificuldades que estes alunos possuem em compreender conceitos químicos pode estar relacionada a uma aprendizagem deficiente. A dificuldade com conceitos químicos fundamentais para aprender EQ pode acabar gerando concepções alternativas como esta e influencia diretamente na construção do conceito corretamente por esses sujeitos (EILKS; GULACAR, 2016).

Abaixo é demonstrada em uma tabela a evolução de cada aluno da turma alvo do início ao fim da SD para construção dos conceitos de reversibilidade e EQ.

Quadro 14 Evolução dos alunos da turma alvo durante a implementação da sequência didática

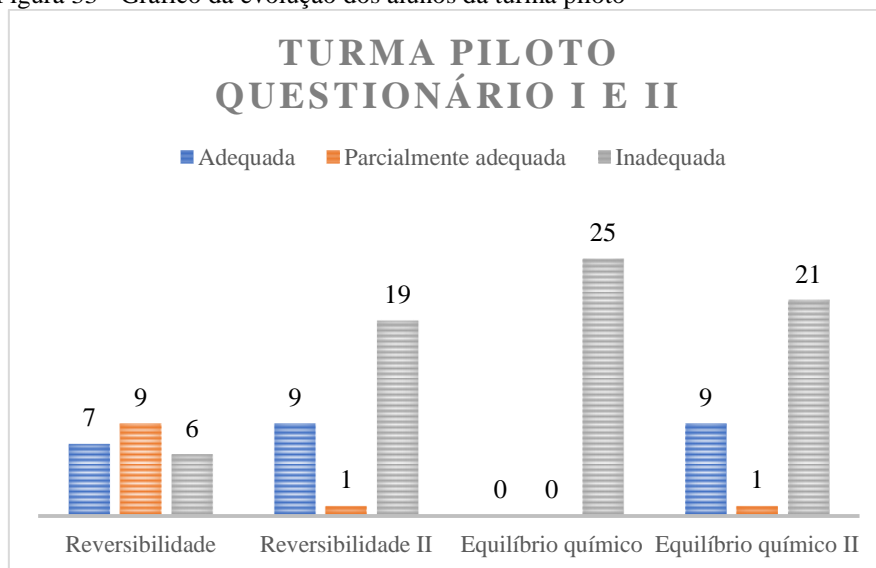
| CONCEITOS | CATEGORIAS                      |  |                                   |                      |
|-----------|---------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------|
|           | Compreensão conceitual adequada | Compreensão conceitual parcialmente adequada | Compreensão conceitual inadequada | Ausência de resposta |
|           |                                 |  |                                   |                      |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Reversibilidade<br>(Questionário<br>I)        | F3, F4, F5, F6,<br>F16  | F1, F2, F7, F8, F10,<br>F11, F12, F13, F14,<br>F15, F17, F18, F19,<br>F20, F21, F22, F23,<br>F24, F25, F26, F27,<br>F28, F29, F30, F31,<br>F32 | F9, F33, F34                                  |
| Reversibilidade<br>(Questionário<br>II)       | F2, F4, F5, F6, F8,<br>F10, F12, F13, F14,<br>F15, F16, F17, F18,<br>F19, F20, F25, F26,<br>F27, F28, F29, F34                | F1, F3, F7, F9, F11,<br>F23, F24, F33  | F21, F22,<br>F30, F31, F32                    |
| Equilíbrio<br>químico<br>(Questionário<br>I)  | F2, F3, F4, F5, F6,<br>F7, F8, F9, F11, F12,<br>F14, F17, F18, F20,<br>F21, F23, F24, F25,<br>F27, F28, F29, F30,<br>F31, F32 | F1, F10, F13, F15,<br>F16, F18, F22, F26   | F33, F34                                      |
| Equilíbrio<br>Químico<br>(Questionário<br>II) | F3, F4, F5, F6, F15,<br>F16, F17, F18, F19,<br>F21, F23, F24, F25,<br>F27, F28, F34   | F8, F9, F13,<br>F14, F20, F22,<br>F26, F29, F33  | F1, F2, F7, F11, F12<br>F10, F30,<br>F31, F32 |

Fonte: Da autora.

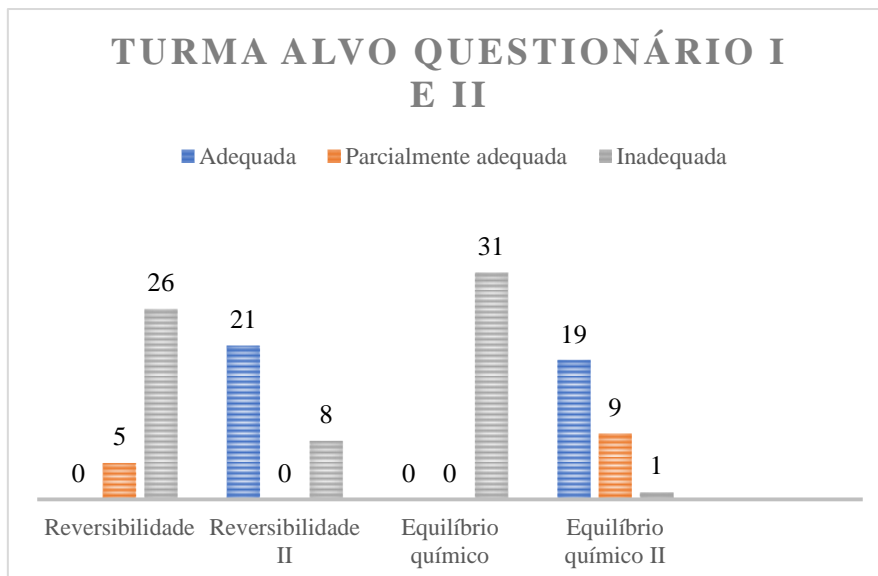
Pode-se identificar que muitos alunos que estavam na categoria: compreensão inadequada do conceito, no questionário I com relação aos conceitos de reversibilidade e EQ avançaram, chegando a ter respostas enquadradas na categoria compreensão conceitual adequada no questionário II. Por meio de dois gráficos comparamos a evolução da turma piloto e da turma alvo após a implementação da sequência

Figura 33 - Gráfico da evolução dos alunos da turma piloto



Fonte: Da autora.

Figura 34 Gráfico da evolução da turma alvo



Fonte: Da autora.

Nos gráficos das figuras 33 e 34 percebe-se que através da SD foi mais difícil construir o conceito de reversibilidade na turma piloto, o que na turma alvo foi feito a partir de outros recursos que ajudaram os professores a trabalhar o conceito em sala de aula. Com relação ao conceito de EQ percebe-se que pelos dados da turma alvo a construção do conceito foi mais efetiva, no sentido de que um maior número de alunos conseguiu aprender por meio das atividades desenvolvidas em sala de aula.

Com isso entende-se que a SD pode ter contribuído para a construção do conceito de EQ a partir do tema lâmpadas. Considerando as **limitações da sequência didática** o conceito de equilíbrio dinâmico é algo que não foi viabilizado nas atividades, ao discutir este aspecto com os professores considerou-se a utilização de softwares e jogos para trabalhar este conceito em uma atividade com os alunos. Devido ao tempo de implementação não foi possível planejar esta atividade para estes sujeitos, mas foi identificada esta limitação da sequência e proposta uma alteração juntamente com os professores. Nesta sequência não foram abordados aspectos quantitativos como o cálculo da constante de equilíbrio, para isso seria necessário um número maior de aulas para que se possa trabalhar este aspecto juntamente com o estudo dos gráficos. A seguir buscou-se analisar um pouco das relações CTS estabelecidas ao longo do desenvolvimento da SD.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão de pesquisa deste trabalho foi descobrir “quais as contribuições da implementação de uma SD sob a temática lâmpadas halógenas para a aprendizagem do conceito de EQ”, de maneira geral pode-se dizer que possibilitou (1) trabalhar os conceitos fundamentais para aprender EQ, ajudando-os a superar suas dificuldades, (2) construir o conceito de EQ, (3) trabalhar os conteúdos dentro de uma temática que faça parte do cotidiano do aluno, (4) desenvolver a capacidade crítica (5) estudo interdisciplinar, pois em suas discussões utilizaram conhecimentos da física e biologia para construir seus argumentos.

Em relação ao planejamento possibilitou o trabalho de professores de diferentes áreas de formação, com anos de experiências em escolas diferentes compartilharem o mesmo material e contribuírem para a construção de uma proposta que seja viável nas escolas públicas da região. A participação dos professores colaboradores foi fundamental para que se conhecesse seus enfrentamentos e assim construir um material que seja acessível e que todos conseguissem trabalhar nas suas escolas de acordo com suas individualidades.

Esta sequência não dita ao professor uma metodologia rígida para se seguir, mas sim oferece uma proposta para trabalhar um conteúdo de forma contextualizada em sala de aula, buscando a participação ativa dos alunos.

Ao final da SD percebeu-se que o conceito de equilíbrio dinâmico e os aspectos quantitativos do estudo de EQ não foram contemplados, porém após ao identificar esta limitação junto aos professores, sugeriu-se que sejam incluídas atividades com softwares e jogos para trabalhar estes conteúdos de maneira específica.

Este material foi disponibilizado aos professores e às escolas participantes para que possa ser utilizado em outras turmas que não participaram da pesquisa. Estes resultados podem contribuir para que outros professores e outros estudos em relação ao tema e ao conteúdo de EQ possam ser investigados.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias através de CTS. In: GORDILLO, M. M. et al. **Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad**. 1. ed. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, 2009. cap. 3, p. 35-40.

AHMAD, N. J.; LAH, Y. C. A. Designed Teaching Sequence as a Tool to Improve Students Conceptual Understanding of the Conductivity in the Electrolytic Cell. **Asian Social Science**, Penang, v. 9, n. 2, p. 298-304, jan. 2013.

AIKENHEAD, G. Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. **Educación Química**, Saskatoon, v. 16, n. 2, p. 114-124, abr. 2005.

AKCAY, H.; YAGER, R. E. Students Learning to Use the Skills Used by Practicing Scientists. *Eurasia Journal of Mathematics*, **Science and Technology Education**, Istanbul, v. 12, n. 3, p. 513-525, jul. 2016.

AKKUS, H. et al. Effectiveness of Instruction Based on the Constructivist Approach on Understanding Chemical Equilibrium Concepts. **Research of Science Technology Education**, Ankara, v. 21, n. 2, p. 209-227, jun. 2003.

ARRIASSECQ, I; GRECA, I. M. A Teaching–Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p.827-851, [S. 1.], jun. 2012.

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122-134, jul./dez. 2001.

\_\_\_\_\_; FENALTI, V. S.; DALMOLIN, A. M. T. Abordagem temática: temas em Freire e no enfoque CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. p.721-732.

AUSUBEL, D. P. **A aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. 1 ed. Lisboa: Paralelo, 2000.

BANERJEE, A. C. Misconceptions of Students and Teachers in Chemical Equilibrium. **International Journal of Science Education**, Mysore, v. 13, n. 4, p. 487-494, feb.2007.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1 ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

- BERTOTTI, M. Dificuldades conceituais no aprendizado de equilíbrios químicos envolvendo reações ácido-base. **Química Nova**, São Paulo, v.34, n.10, p. 1836-1839, ago., 2011.
- BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 585-609, set. 2011.
- BROWN, T. L.; JR., H. E. L.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CHENG, M. M. W. Students' visualisation of chemical reactions - insights into the particle model and the atomic model. **Chemistry Education Research and Practice**, Hong Kong, v. 19, n. 1, p. 227-239, nov. 2018.
- CHIU, M.-H.; CHOU, C.-C.; LIU, C.-J. Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, Taiwan, v.39, n.8, p. 688-712, set. 2002.
- CINTRA, E. P.; MARQUES JUNIOR, A. C.; SOUSA, E. C. D. Correlação entre a matriz de referência e os itens envolvendo conceitos de Química presente no ENEM de 2009 a 2013. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 22, n. 3, p. 707-725, 2016.
- DAGNINO, R.; SILVA, R. B.; PADOVANNI, N. Por que a educação em ciência, tecnologia e sociedade vem andando devagar. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. **CTS e educação científica desafios, tendências e resultados de pesquisas**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. cap. 4, p. 99-134.
- EILKS, I; GULACAR, O. A colorful demonstration to visualize and inquire into essential elements of chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, California, v. 93, n. 11, p. 1904-1907, nov. 2016.
- FERREIRA, R. M.; SILVA, E. G. O. Z; STAPELFELDT, D. A. M Contextualizando a química com a educação sexual aplicada de forma transdisciplinar nas aulas de biologia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 4, abr. 2016.
- FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- FONSECA, M. R. M. **Química**. 1 ed. São Paulo: Ática, 2015.
- FURIO, C. J.; ORTIZ, E. Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. **Enseñanza De Las Ciencias**, Valência, v. 13, n. 1, p. 15-20, feb. 1983.
- GABEL, D. L. **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. 2. ed. New York: Macmillan, 2000.

GHIRARDI, M. et al. A teaching sequence for learning the concept of chemical equilibrium in secondary school education. **Journal of Chemical Education**, Vallemosso, v, 91, n. 1, p. 59-65, jan. 2014.

\_\_\_\_\_ et al. Implementing na equilibrium law teaching sequence for secondary school students to learn chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, Vallemosso, v, 92, n. 6, p. 1008-1015, apr. 2015.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequência didática: tendências no ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO EM CIÊNCIAS, 8., 2012, Campinas. **Anais...** Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2012. p.1-12.

GORODETSKY, M.; GUSSARSKY, E. Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as reflected via different evaluation methods. **European Journal of Science Education**, Israel, v. 8, n. 4, p.427-441, feb. 1986.

GROPPO, L. A. e MARTINS, M. F. **Introdução à Pesquisa em Educação**. 2. ed. São Paulo: Biscalchin Editor, 2006.

GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário. Laboratório de psicologia ambiental, Planejamento de pesquisa em ciências sociais**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2003.

HACKING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. **European Journal of Science Education**, Australia, v. 7, n. 2, p. 205-2014, feb. 1985.

HERNÁNDEZ, M.I.; COUSO, D.; PINTÓ, R. Analyzing students' learning progressions throughout a teaching sequence on Acoustic Properties of Materials with a model-based inquiry approach. **Journal of Science Education and Technology**, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 356-377, apr. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Exame Nacional do Ensino Médio: relatório pedagógico**. 1. ed. Brasília: O instituto, 2015.

JUNIOR J. G. T.; SILVA, R.M.G. A abordagem do tema equilíbrio químico nos planos de aula de futuros professores de química. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla, v. 35, n. 3, p. 2989-2994, sep. 2017.

JUNIOR, W. A. D; WINDMÖLLER, C. C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. **Química Nova na Escola**, v. 28, n.2, p. 15-19, maio,2008.

KARPUDEWAN, M. et al. Investigating High School Students' Understanding of Chemical Equilibrium Concepts. **International Society of Educational Research**, Austrália, v. 10, n. 6, p.845-863, oct. 2015.

- LIJNSE, P. Didactical Structures as an outcome of research on Teaching-Learning Sequences. **International Journal Of Science Education**, Utrecht, v.26, n. 5, p. 537-554, feb. 2007.
- LIMA, J. F. L. et al. A contextualização no ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 26-29, maio, 2000.
- LIMA, M. E. C. D. C.; SILVA, P. S. Critérios que professores de química apontam como orientadores da escolha do livro didático. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 121-136, maio. 2010.
- MACENO, N. G. et al. A matriz de referência do enem 2009 e o desafio de recriar o currículo de química na educação básica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 153-159, ago. 2011.
- MÉHEUT, M. Teaching learning-sequence tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. et al. **Research and the Quality of Science Education**. 1. ed. França: Springer Netherlands, 2005. cap. 15, p. 195-207
- MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research, **International Journal of Science Education**, França, v. 6, n. 5, p. 515-535, feb. 2007.
- MINAYO, M.C.S.; DESLANDES, S.F.; GOMES, R. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 28. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.
- MONCALEANO, H. R. et al. Compresión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, Valencia, v. 21, n. 3, p. 111-118, sep. 2003.
- MONTAGNA, E. **Conceitos alternativos sobre equilíbrio químico e suas consequências no aprendizado de bioquímica: diagnóstico e intervenções recuperatórias**. 2014. 168f. Tese de Doutorado - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem como subsídios para a organização de Sequências de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- MOZZARO, A. R.; GRZYBOVSKI, D.; TEIXEIRA, A. N. Análises qualitativas nos estudos organizacionais: as vantagens no uso do software NVivo®. **Revista Alvance, Biguaçu**, v. 23, n. 4, p. 578 – 587, out./dez. 2016.
- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617 – 638, jan. 2014.



NETO, H. S. M.; MORADILLO, E. D. O lúdico no ensino de Química: considerações a partir da psicologia histórico-cultural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.38, n. 4, set. 2016.

NÌAZ, M. Response to contradiction: conflict resolution strategies used by students in solving problems of chemical equilibrium. **Journal Science Education Technology**, Venezuela, v. 10, n. 2, p. 205-211, jun. 2001.

OCCELI, M.; VALEIRAS, N. Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, Córdoba, v. 31, n. 2, p. 133-152, ago. 2013.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influencia francesa**. 1. ed. Belo Horizonte: Autentica, 2007.

PAPADOURIS, N; CONSTANTINO, C. P. Investigating middle school students' ability to develop energy as a framework for analyzing simple physical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, Cyprus, v. 53, n.1, p. 119-145, may. 2016.

PAULINI-JESUS, I.; LORENZETTI, L.; HIGA, I. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015. p.1-8.

PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, jan. 2007.

POLANCZKY, C.; MARMITT, D. B. N.; SANTOS, R. A. A não neutralidade da CT no contexto educacional brasileiro: configurações curriculares e o enfoque CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015. p.1-8.

QUADROS, A. L. et al . Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educar em revista**, Curitiba ,v. 27, n. 40, p. 159-176, jun. 2011.

QUÍLEZ, J. A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. **Chemical Education Research and Practices**, Valência,v. 5, n. 1, p. 69-87, feb. 2004.

\_\_\_\_\_. From chemical forces to chemical rates: A historical/philosophical foundation for teaching chemical equilibrium. **Science & Education**, Valência, v.18, n.1, p. 1203 – 1251, sep. 2009.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 1, n. 1,p. 1-12, nov. 2007.

RODRIGUES, C. **Leitura e Interpretação: desenvolvendo autonomia no aprendizado de química**. 2015. 86f. Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SADALLA, A. M.; LAROCCA, P. Autoscopia: um procedimento de pesquisa e de formação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 419-433, set/dez. 2004.

SAMPAIO, F. C. **Da harmonia do sorriso ao equilíbrio químico: proposta de situação de ensino e aprendizagem em Química**. 2014. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SANTOS, R. A.; MARMITT, D. B. N.; AULER, D. Compreensão ampliada sobre a não neutralidade da ciência tecnologia no contexto educacional. In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A.; SCHWANTES, L. **Educação científica: pesquisas e experiências**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2015. cap. 2, p. 229 – 239.

SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1 – 23, 2002.

\_\_\_\_\_. Contextualização do ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência e Educação**, Bauru, v.1, n. 2, p.1-12, nov. 2007.

\_\_\_\_\_. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência em Tecnologia**, Florianópolis, v.1, n. 1, p. 109 – 131, mar. 2008.

\_\_\_\_\_; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2000.

\_\_\_\_\_; AULER, D. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2011.

SILVA, E. L.; MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciência e Educação**, Bauru, v.21, n. 1, p. 65 – 83, jan/mar. 2015.

SILVA, S. M. D.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 585-594, out. 2003.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópico do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 51-56, set. 2008.

SOUZA, L. O. et al. Observando a dinâmica do contrato didático em aulas de equilíbrio químico. **Educação química em ponto de vista**, Paraná, v. 1, n. 1, p. 59 – 78, mar. 2017.

SZYMANSKI, H. **A Entrevista na Pesquisa em Educação: a prática reflexiva**. 4. ed. Brasília: Liber, 2004.

TYSON, L.; TREAGUST, D. F.; BUCAT, R. B. The Complexity of Teaching and Learning Chemical Equilibrium. **Journal of Chemical Education**, Australia, v. 76, n. 4, p. 554-560, apr. 1999.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. **CTS e educação científica desafios, tendências e resultados de pesquisas**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. cap. 6, p. 161 – 211.

WHEELER, A. E.; KASS, H. Student Misconceptions in Chemical Equilibrium. **Science Education**, Edmonton, v. 62, n. 2, p. 223-232, Apr./June. 1978.

ZABALA, A. **Prática Educativa: como ensinar**. 1 ed. Porto Alegre: ARTMED, 1998.