



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

CLAUDIANE LIMA

**A SISTEMATIZAÇÃO DOS CONCEITOS ÁCIDO-BASE E SUAS
IMPLICAÇÕES PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM
EM QUÍMICA**

Salvador

2022

CLAUDIANE LIMA

**A SISTEMATIZAÇÃO DOS CONCEITOS ÁCIDO-BASE E SUAS
IMPLICAÇÕES PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM
EM QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, para a obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Fortuna de Moradillo.

Salvador

2022

SIBI/UFBA/Faculdade de Educação – Biblioteca Anísio Teixeira

Lima, Claudiane.

A sistematização dos conceitos ácido-base e suas implicações para o processo de ensino-aprendizagem em química / Claudiane Lima. – 2022. 147 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Fortuna de Moradillo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2022.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

1. Química - Estudo e ensino. 2. Ácido-base (Química). 3. Processo de ensino-aprendizagem. 4. Conceitos. I. Moradillo, Edilson Fortuna de. II. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDD 540.7 - 23. ed.

CLAUDIANE LIMA

**A SISTEMATIZAÇÃO DOS CONCEITOS ÁCIDO-BASE E SUAS
IMPLICAÇÕES PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM
EM QUÍMICA**

Tese para obtenção do Grau de Doutora em Ensino,
Filosofia e História das Ciências.

Aprovada em 04 de Agosto de 2022.

Banca Examinadora



Edilson Fortuna Moradillo (Orientador)

Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela Universidade
Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia



José Luis de Paula Barros Silva

Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela Universidade
Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia



José Vieira do Nascimento Júnior

Doutor em Química, pela Universidade Federal da Bahia
Universidade Estadual de Feira de Santana



Maricleide Pereira de Lima Mendes

Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela Universidade
Federal da Bahia
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Maria Bernadete de Melo Cunha

Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela Universidade
Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

À família pelo amor, carinho e apoio ao longo dessa trajetória acadêmica, ouvindo meus desabaços de ansiedade e me dando bons conselhos quando precisei: aos meus pais (José Arnaldo e Rita de Cassia), irmãos (Claudio e Cristiane), sogros, cunhados, cunhadas e sobrinhos. Obrigada família!

Um agradecimento especial, ao meu esposo (Uarison R. Barreto) pelo amor, carinho, atenção diária e, sobretudo, pelo cuidado quando tivemos Covid-19 no ápice da pandemia, ainda sem estarmos vacinados. Por ser simplesmente essa pessoa maravilhosa! Obrigada amor!

Ao professor Dr. Edilson pela orientação acadêmica, por me permitir escrever, desde o mestrado, sobre o tema de meu interesse, por me impulsionar ao doutorado, pela sua humanidade e paciência. Obrigada professor!

Ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) pelas oportunidades no mestrado e doutorado, pelo aprendizado através das disciplinas, seminários de pesquisa e congressos. Às bancas de qualificação e de defesa de tese, pelas numerosas contribuições para este trabalho.

De modo geral, às instituições públicas de ensino que passei, aos gestores, professores e estudantes que tive contato falando sobre ácido-base.

Que esse trabalho possa não somente tentar responder as perguntas que me inquietaram desde o nível técnico, mas que contribua para pesquisa nesta área.

LIMA, Claudiane. **A sistematização dos conceitos ácido-base e suas implicações para o processo de ensino-aprendizagem em química.** 2022. 147f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido-base a partir de uma proposta de sistematização desses conceitos, de forma a minimizar possíveis confusões teórico-conceituais que podem ocorrer em torno deles. A compreensão para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido-base contribui para a sistematização da Química, uma vez que eles se relacionam e influenciam outros conceitos conforme sustenta a História da Química, o foco da sistematização do pensamento químico. Considerou-se que sistematizar envolve organizar um conceito em relação a outro, ou seja, por natureza, um conceito pressupõe a existência de um determinado sistema de conceitos. Trata-se de uma pesquisa exploratória, com a abordagem qualitativa, tendo em vista a interpretação e a análise de trabalhos publicados em revistas de ensino de química, livros didáticos e em eventos nacionais desta área. O procedimento metodológico consistiu na leitura dos textos escolhidos, onde buscou-se identificar que categorias temáticas poderiam ser as mais representativas para ilustrar o problema detectado: a perpetuação das confusões teórico-conceituais. A análise dos trabalhos investigados permitiu identificar as principais confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base: (1) Ácido, base, sal e óxido: funções da química inorgânica? (2) Regras desarticuladas de classificação; (3) Desarticulação entre as teorias ácido-base ou ausência de teoria ácido-base; (4) Reação química generalizada: ácido + base → sal + água; e por fim, (5) Falta de contextualização. Os resultados dessa pesquisa mostraram que, em grande medida, a primeira confusão teórico-conceitual - foco da análise de livros didáticos e periódicos de ensino - ainda se perpetua entre os trabalhos analisados. Constatou-se o uso indiscriminado do termo “funções inorgânicas” para classificar substâncias com caráter ácido-base, assim como sais e óxidos em alguns trabalhos. Isso evidencia que esse problema de pesquisa ainda não está resolvido dentro da comunidade de educadores químicos. Nessa tese, busco argumentar que as confusões teórico-conceituais não são apenas problemas que foram identificados a partir dos trabalhos analisados; trata-se de um problema histórico, ou seja, os conceitos ácido-base atravessam a história de maneira que sua compreensão se confunde com a própria origem da Química. Acredito, que o maior problema seja a dogmatização do conhecimento científico, ou seja, os conceitos ácido-base são, de certo modo, transferidos sem a apresentação de suas origens, sem o seu desenvolvimento – em resumo, sem a sua construção ou elaboração e de forma confusa. Uma proposta de sistematização dos conceitos ácido-base foi elaborada como possibilidade de abordagem para o ensino de Química.

Palavras-Chave: Ácido-Base, Ensino-Aprendizagem, Conceitos.

LIMA, C. **The systematization of acid-base concepts and its implications for the chemistry teaching-learning process.** 2022. 147f. Thesis (Doctorate in Education, Philosophy and History of Science) - Federal University of Bahia; State University of Feira de Santana, Salvador.

ABSTRACT

The general objective of this work is to contribute to the teaching-learning process of acid-base concepts through a proposal for the systematization of these concepts in order to minimize possible theoretical and conceptual confusions that may occur around them. The understanding of the teaching-learning process of acid-base concepts contributes to the systematization of chemistry, since they relate to and influence other concepts as supported by the History of Chemistry, the focus of the systematization of chemical thought. It was considered that systematizing involves organizing one concept in relation to another, i.e., by nature, a concept presupposes the existence of a certain system of concepts. This is an exploratory research, with a qualitative approach, aiming at the interpretation and analysis of papers published in chemistry journals, textbooks and national events in this area. The methodological procedure consisted of reading the selected texts, where we sought to identify which thematic categories could be the most representative to illustrate the problem detected: the perpetuation of theoretical-conceptual confusions. The analysis of the investigated works allowed the identification of the main theoretical-conceptual confusions around the acid-base concepts: (1) Acid, base, salt and oxide: functions of inorganic chemistry? (2) Disjointed classification rules; (3) Disjointness between acid-base theories or absence of acid-base theory; (4) Generalized chemical reaction: acid + base \rightarrow salt + water; and finally, (5) Lack of contextualization. The results of this research showed that, to a large extent, the first theoretical-conceptual confusion - focus of the textbook and teaching journal analysis - is still perpetuated among the analyzed works. The indiscriminate use of the term "inorganic functions" to classify substances with an acid-base character, as well as salts and oxides, was verified in some works. This shows that this research problem has not yet been solved within the community of chemical educators. In this thesis, I seek to argue that the theoretical-conceptual confusions are not only problems that were identified from the analyzed works; it is a historical problem, that is, the acid-base concepts go through history in such a way that their understanding is confused with the very origin of Chemistry. I believe that the biggest problem is the dogmatization of scientific knowledge, that is, the acid-base concepts are, in a way, transferred without the presentation of their origins, without their development - in short, without their construction or elaboration and in a confusing way. A proposal for the systematization of acid-base concepts was elaborated as a possible approach for the teaching of chemistry.

Keywords: Acid-Base, Teaching-Learning, Concepts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sobre o Materialismo Histórico-Dialético.	29
Figura 2	A gênese do ser social.	31
Figura 3	O Materialismo Histórico-Dialético e os conceitos ácido-base.	34
Figura 4	Primeira ionização do ácido ascórbico.	42
Figura 5	Diagrama de Veen elaborado por Chagas, mostrando as relações conceituais entre as diferentes teorias ácido-base.	46
Figura 6	Primeira ionização do ácido L-ascórbico.	48
Figura 7	Sistematização das principais confusões teórico-conceituais ácido-base.	56
Figura 8	As confusões sobre ácido-base na <i>QNEsc</i> em duas décadas.	59
Figura 9	Cartas do Baralho sobre funções inorgânicas.	62
Figura 10	Mapa conceitual 1: ácido, base, sais e óxidos - quatro funções inorgânicas.	63
Figura 11	Mapa Conceitual 2: ácidos, bases e sais - três funções inorgânicas.	64
Figura 12	Naipes e coringa da função Ácido.	66
Figura 13	Cartas das substâncias inorgânicas.	73
Figura 14	Representação da lei de equivalência dos conceitos baseada em Vigotski.	80
Figura 15	Uma interpretação da lei de equivalência dos conceitos ácido, base, sais e óxidos baseados em Vigotski.	88
Figura 16	Uma interpretação da lei de equivalência dos conceitos ácido e base baseada em Vigotski.	89
Figura 17	Uma proposta de sistematização dos conceitos ácido-base.	118
Figura 18	Abordagem geral de conceitos baseados em Hardy-Vallée.	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Artigos selecionados sobre ácido-base publicados na <i>QNEsc</i> entre 1999-2019.	19
Quadro 2	Livros Didáticos de Química do Nível Médio aprovados pelo PNLD 2018.	24
Quadro 3	Categorização dos artigos selecionados sobre ácidos e bases publicados na <i>QNEsc</i> .	57
Quadro 4	Identificação das perspectivas de análise, dos volumes e capítulos dos livros analisados que abordam ácidos, bases, sais e óxidos.	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PHC	Pedagogia Histórico-Crítica
PsiHC	Psicologia Histórico-Cultural
QNEsc	Revista Química Nova na Escola
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 A METODOLOGIA DA PESQUISA.....	18
1.1.1 OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
1.2 A ORGANIZAÇÃO DA TESE	25
1.3 O MATERIALISMO HISTÓRICO-DIALÉTICO: UMA CONCEPÇÃO DE MUNDO.....	26
2. CONFUSÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS EM TORNO DOS CONCEITOS ÁCIDO-BASE.....	35
2.1 ÁCIDO, BASE, SAL E ÓXIDO: FUNÇÕES DA QUÍMICA INORGÂNICA?.....	35
2.2 REGRAS DESARTICULADAS DE CLASSIFICAÇÃO.....	43
2.3 DESARTICULAÇÃO OU AUSÊNCIA DE TEORIAS ÁCIDO-BASE.....	45
2.4 REAÇÃO QUÍMICA GENERALIZADA: ÁCIDO + BASE → SAL + ÁGUA.....	50
2.5 FALTA DE CONTEXTUALIZAÇÃO.....	54
2.6 SOBRE OS TRABALHOS PUBLICADOS NA QNESC.....	56
2.7 ANÁLISE SOBRE ÁCIDO-BASE EM OUTROS TRABALHOS	61
2.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	74
3. ÁCIDOS E BASES NOS LIVROS DIDÁTICOS: AINDA DUAS DAS QUATRO FUNÇÕES DA QUÍMICA INORGÂNICA?.....	76
3.1 UMA INTRODUÇÃO À NOÇÃO DE CONCEITO	78
3.2 ANÁLISE DA ABORDAGEM DE ÁCIDO-BASE NOS LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS NO PNL D 2018.....	81
3.2.1 Análise do livro A.....	82
3.2.2 Análise do livro B.....	83
3.2.3 Análise do livro C.....	83
3.2.4 Análise do livro D.....	84
3.2.5 Análise do livro E.....	85
3.2.6 Análise do livro F.....	86
3.2.7 Sobre os livros didáticos de Química analisados.....	86
3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	89
4. ÁCIDO-BASE E A SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	92

4.1 OS CONCEITOS ÁCIDO-BASE NO ENSINO DE QUÍMICA.....	92
4.2 UM POUCO DE HISTÓRIA: UMA PRÉVIA PASSAGEM DA ALQUIMIA À QUÍMICA.....	97
4.2.1 ÁCIDO-BASE E O TRABALHO EXPERIMENTAL NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	98
4.3 UMA ABORDAGEM GERAL SOBRE A IDEIA DE CONCEITOS	109
4.3.1 O critério de um conceito.....	109
4.3.2 Aquisição e formato de um conceito.....	111
4.3.3 Organização de um conceito.....	112
4.3.4 Função de um conceito.....	114
4.3.5 O invariante de um conceito.....	115
4.3.6 Discutindo o contexto à luz de Hardy-Vallée e Vigotski.....	117
4.4 ÁCIDO-BASE: DOIS CONCEITOS ESTRUTURANTES DA QUÍMICA.....	119
4.5 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	126
5. CONCLUSÃO: RETROSPECTIVA E PERSPECTIVA FUTURA.....	130
REFERÊNCIAS.....	133

1. INTRODUÇÃO

O estudo dos conceitos ácido-base, emerge da minha experiência com a Química. Inicialmente, em 2005, deparei-me com uma disciplina de Química no Curso Técnico Subsequente¹ em Análise de Processos Industriais Químicos que apresentou os conceitos ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica. Naquele momento, estava diante do início do problema: ácido e base – duas funções da Química Inorgânica? Nesta época, minhas fontes de estudo eram os livros didáticos que também consideravam a classificação desses conteúdos como funções inorgânicas.

Durante a Licenciatura em Química, entre os anos de 2007 e 2012, ao fazer a leitura do artigo intitulado *Funções da Química Inorgânica...funcionam?* Publicado por Campos e Silva em maio de 1999 pela *Revista Química Nova na Escola (QNEsc)*, observei que os referidos autores destacaram algumas confusões teórico-conceituais² que se faziam das consideradas funções inorgânicas nos livros didáticos, visto que elas eram apresentadas de forma desarticulada não favorecendo o estabelecimento de uma teia conceitual (CAMPOS; SILVA, 1999). Uma dessas confusões, consiste em classificar ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica, isto pressupõe que tais categorias sejam excludentes, o que é um equívoco, pois se misturam critérios comportamentais com critérios constitucionais frente ao conceito de funções da Química Inorgânica. Além disso, classificar ácidos e bases como funções da Química Inorgânica pressupõe que esta classificação não pertence à Orgânica.

Naquele momento, constatei uma confusão em torno do que se considerava como ácido-base (duas das quatro funções da Química Inorgânica) sobretudo, após as explicações expostas por Campos e Silva (1999). Além disso, percebi que a confusão se desdobrava em outras, por exemplo, o fato de diversas substâncias orgânicas também se comportarem como ácidas, como os ácidos cítricos. Diante

¹ Este curso foi realizado após a conclusão do Ensino Médio (2002), isto é, não foi integrado.

² Sobre este ponto, tratarei mais adiante no capítulo 2.

dessa observação, busquei compreender melhor esses conceitos a partir da historicidade deles, o que resultou no meu trabalho de conclusão de curso.

Percebendo a importância que o ensino desses conceitos tem no processo de ensino-aprendizagem em Química, é que me dediquei entre os anos de 2014 e 2016 ao curso de mestrado. Neste estudo, foi realizada uma proposta de ensino através de uma teoria da educação que valorizasse os conteúdos químicos para transformação da prática social: a Pedagogia Histórico-Crítica (PHC). A escolha por tal abordagem, se deveu ao conhecimento obtido nesse nível sobre as teorias da educação, sendo algumas delas, classificadas, de acordo com Saviani (2012) como teorias não críticas, e outras, críticas (reprodutivistas e não-reprodutivistas).

Assim, pude compreender que o momento em que vivenciei no nível técnico constituía de um ensino não crítico. Para Saviani (2012a), as teorias não críticas da educação são aquelas que consideram que a educação tem a função de corrigir os problemas sociais, como o problema da marginalidade, por exemplo. Tais teorias podem ser divididas em: Pedagogia Tradicional, Pedagogia Nova e Pedagogia Tecnicista. A pedagogia tecnicista é “baseada nos pressupostos da neutralidade científica e inspirada nos princípios da racionalidade, eficiência e produtividade” (SAVIANI, 2012a, p. 6). Nessa perspectiva, o trabalhador deve se adaptar ao processo produtivo, onde a escola tem a função de melhor instruí-lo. “Daí a proliferação de propostas pedagógicas tais como o enfoque sistêmico, o microensino, o telensino, a instrução programada, as máquinas de ensinar, etc” (SAVIANI, 2012a, p.12).

No doutorado, inicialmente, minha preocupação era com a aprendizagem dos conceitos ácido-base³ – se efetivamente, ela ocorreria ou como ocorreria. No entanto, percebi o problema da perpetuação das confusões teórico-conceituais tanto nos periódicos da área de ensino de Química quanto em livros didáticos e eventos nacionais. Além disso, verifiquei a importância da sistematização desses conceitos no processo de ensino-aprendizagem. Vale considerar que o professor deve ter clareza quanto a este aspecto e das relações conceituais para que não possa vir a contribuir

³ Neste trabalho, optei pelo termo conceito em detrimento de teoria e definição para referir-se a ácido-base com base na perspectiva de Ribeiro e Nuñez (2004) ao referirem-se a este como uma classe logicamente definida.

com mais confusões no ensino e reverberar na aprendizagem assim como apontam Lima, Vasconcelos e Sá (2019, p.10): “no que diz respeito aos conceitos de ácidos e bases baseados na teoria de Arrhenius observa-se confusões nos conceitos e definições dos ácidos e bases.”

Durante a disciplina, Formação de Conceitos Científicos, estudei sobre a teoria Histórico-Cultural de Vigotski, tendo como ponto de partida o livro intitulado *A construção do pensamento e da linguagem*. Aqui, o pensamento é realizado por meio da linguagem, assim como coloca Vigotski (2009). Em outras palavras, “é o que se pode dizer que delimita e organiza o que se pode pensar” (BENVENISTE, 1976, p.76). Segundo a Teoria Histórico-Cultural, os conceitos são elaborados sistematicamente, de maneira que a aprendizagem de um conceito novo exige a compreensão de sua relação com outros conceitos relacionados aos problemas e argumentos relevantes para sua elaboração (VIGOTSKI, 2009). A aprendizagem de conceitos nessa perspectiva implica que:

Em termos psicológicos, a aprendizagem de conceito é um processo de desenvolvimento de estruturas psíquicas do ser humano, as quais são independentes dos elementos específicos que as constituem, de modo que os aspectos gerais podem ser transferidos para outras experiências que guardem similaridade com aquelas que as geraram (LIMA; SILVA, 2020, p. 162).

O que se percebe, é que no âmbito da formação de conceitos, a compreensão dos signos⁴ (expressões ou termos conceituais) possui um papel essencial no exercício de orientar o homem, tanto de modo objetivo quanto subjetivo, para poder atuar na realidade concreta. Através do complexo de ensino-aprendizagem, a unidade entre pensamento e linguagem constitui a base para os desenvolvimentos de diversas funções culturalmente produzidas.

Nessa disciplina, percebi que a sistematização e o nível de generalização dos conceitos científicos podem reverberar na aprendizagem dos conceitos ácido-base. É sobre esse ponto que busco tratar neste trabalho. De modo geral, conceitos são

⁴ Para Vigotski (1989, p. 58), “um signo ou símbolo independente do organismo, tal como uma ferramenta, é um meio social.” Os signos imprimem significados, ou seja, conceitos e conteúdo dos signos.

produtos de construções humanas, ou melhor, processos que nos permitem conhecer, descrever, classificar e prever objetos cognoscíveis (ABBAGNANO, 2007; FERREIRA, 2013). Os conceitos nascem da necessidade de interagirmos com o mundo, de compreendê-lo e de transformá-lo (LIMA; SILVA, 2020). As dificuldades em torno dessas necessidades produzem problemas, os conceitos são construídos ou aprendidos com o intuito de sanar esses problemas (VIGOTSKI, 2009), conforme apresento a seguir. Isso implica que formar conceitos demanda um tempo de amadurecimento de relações com outros conceitos.

No estudo de conceitos, o movimento pode ser contrário, ou seja, pode emergir da prática para os conceitos e dos conceitos para a prática em um movimento dialético. Nesse sentido:

Conhecer um conceito através do ensino de ciências implica não apenas conhecer a sua aparência imediata, mas a sua origem e desenvolvimento (sua história), o que permite a compreensão do significado e sentido científico/epistemológico do mesmo, em determinadas condições sociais de produção da nossa existência (MENDES, 2018, p. 12-13).

Por isso, é fundamental abordar a gênese, a ontologia do ser social, “a partir do estabelecimento da historicidade como uma determinação universal, isto é, como uma característica de tudo o que existe” (LESSA, 2016, p. 315). Credo que o universo é um processo de desenvolvimento da matéria, surgem formas superiores de sua organização: o ser inorgânico, o ser orgânico e o ser social.

A passagem do inorgânico ao orgânico é o salto de qualidade pelo qual, um novo arranjo da matéria já existente possibilita o surgimento de um novo patamar da matéria cujo desenvolvimento é determinado pelas leis da reprodução biológica, pela seleção natural. O salto da matéria orgânica à matéria social é um salto de qualidade pelo qual um novo arranjo das relações entre os animais que compõem a sociedade possibilita que surja uma nova qualidade no processo de transformação do ambiente: o trabalho (LESSA, 2016, p. 326).

Diante do exposto, é importante salientar a diferença do que entendo por conceito e definição em relação à aprendizagem dos conhecimentos sobre ácido-base, sobretudo, depois da elaboração das suas diferentes teorias. Por exemplo,

quando através de palavras escrevemos o que é um ácido ou uma base, segundo uma determinada teoria ácido-base, essa organização de palavras pode ser uma definição ou um conceito? Veremos mais adiante, que a resposta para essa pergunta está vinculada com o nível de abstração.⁵

Considerando que ácidos e bases assumiram diferentes significados ao longo da história, trazendo implicações relevantes no processo de ensino-aprendizagem, reconheço que o tratamento histórico é importante porque ajuda o estudante a compreender a construção desses conhecimentos, bem como as suas mutações. Por exemplo, enquanto os alquimistas árabes tinham particular conhecimento sobre os ácidos fracos de origem orgânica, os alquimistas europeus, começaram a partir do século XIII, a isolar e utilizar os ácidos minerais (NUNES *et al.* 2016, apud FRUNZ, 1989). Este recorte histórico é importante porque ajuda o estudante também a compreender acerca da origem desses conhecimentos envolvendo materiais que, a priori, originariam a distinção entre a Química Orgânica e Inorgânica, a partir da teoria vital.

Este trabalho não tem o intuito de fazer um levantamento histórico sobre ácido-base; nem mostrar a importância do ensino desses conceitos por meio de uma abordagem histórica.⁶ No entanto, é inevitável, em alguns momentos, a retomada da história de modo a localizar a realidade que os produziu. Por isso, reconhece-se a importância da história no processo de ensino-aprendizagem de ácido-base, uma vez que “um conceito, quando se quer explicar tudo, acaba por não explicar nada, tornando-se uma crença ou ideologia quando está descolado da realidade que o produziu” (TULESKI, 2009, p. 46).

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido-base a partir de uma proposta de sistematização desses conceitos, de forma a minimizar possíveis confusões teórico-conceituais que

⁵ Discutirei este aspecto, a partir do capítulo 3.

⁶ Acredito que estes objetivos já foram alcançados em meus trabalhos anteriores (LIMA, 2012, 2016); além de trabalhos clássicos que constam na literatura da Educação em Química como o artigo *Teorias ácido-base do século XX* elaborado por Chagas (1999) e *Contribuições do Desenvolvimento Histórico-Cultural dos Conceitos de Ácido e de Base para o Ensino de Química*, de Lima e Silva (2020).

podem ocorrer em torno deles.⁷ Com base no objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos: (1) Identificar nos periódicos de Ensino de Química brasileiros e eventos nacionais as principais confusões teórico-conceituais acerca de ácidos e bases, em especial, no Nível Médio; (2) Identificar quais livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018 ainda classificam ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica deixando explícitos os critérios de classificação⁸; (3) Discutir ácido-base como conceitos Estruturantes da Química; (4) Elaborar uma proposta de sistematização dos conceitos ácido-base.

Portanto, nessa tese, busco sustentar que o conhecimento sistematizado dos conceitos ácido-base pode contribuir para o complexo processo de ensino-aprendizagem em Química, visto que ambos são relevantes tanto para própria institucionalização desta ciência quanto para auxiliar na compreensão de outros conceitos químicos, conforme considera a História da Química, um dos focos da sistematização do pensamento químico.

Para tanto, apresento as bases teóricas e epistemológicas que sustentam este trabalho. Inicialmente, destaco a teoria que justifica a minha visão de mundo, e conseqüentemente a relação natureza/ciência/química, a qual enquanto pesquisadora pretendo implicitamente transmitir nesta pesquisa. Essa visão que hoje se vive é predominantemente o sistema capitalista, onde a sociedade é dividida em classes, destacando-se duas delas, a base da pirâmide que sustenta todo esse sistema (dominados/operários), e o ápice da pirâmide (dominantes), com implicações sociais, econômicas, políticas, éticas, educacionais. Dentre outras, e, de forma marcante, no processo de conhecimento, influenciam as questões filosóficas/epistemológicas relacionadas às determinações da realidade objetiva e materialmente determinada da realidade social.

⁷ Para Campos e Silva (1999), instaura-se uma desgastante confusão acerca dos conceitos referidos porque costuma-se misturar critérios comportamentais com critérios constitucionais que são completamente descabidos dentro da ideia de função química.

⁸ Vale salientar que esses, foram os últimos livros estritamente de Química aprovados no Plano Nacional de Livros Didáticos de 2018. Posteriormente, com a nova reforma curricular, os livros didáticos fazem parte da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Assim, para melhor compreender essa perspectiva, apresento alguns pressupostos do Materialismo Histórico-Dialético, teoria que será descrita mais adiante.

1.1 A METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa utiliza o método teórico-reflexivo. De acordo Ferreira *et al.* (2018) o método teórico reflexivo se divide em pelo menos três categorias: pesquisa teórica, conceitual e filosófica. Para efeito deste trabalho, utiliza-se as categorias de pesquisa conceitual e teórica.

A pesquisa é conceitual, pois investiga acerca dos conceitos ácido-base. Além disso, de acordo com Ferreira e Souza (2019, p. 22) a pesquisa conceitual questiona sobre a qualidade dos conceitos que formam um determinado modelo teórico. Nesse sentido, esta pesquisa

pode investigar um conceito em sua lógica interna avaliando, por exemplo, se há problemas na definição (e.g. a discussão acerca da circularidade na definição do operante proposta por Prado Júnior, 1982), ou na relação de um dado conceito com outros conceitos na composição de uma dada teoria (FERREIRA; SOUZA, 2019, p. 22).

Ou seja, a pesquisa teórica envolve categorias conceituais, porém ela não se limita a uma análise delas. Demo (2000, p. 20) acrescenta que esta modalidade de pesquisa é "dedicada a reconstruir teoria, conceitos, ideias, ideologias, polêmicas, tendo em vista, em termos imediatos, aprimorar fundamentos teóricos." Nesse sentido:

Boa bagagem teórica significa, assim, não somente domínio das teorias mais importantes em sua área de pesquisa, mas principal e essencialmente capacidade teórica própria. Ou seja, personalidade teórica formada, no sentido de dialogar com os outros teóricos, atuais ou clássicos, não como mero aprendiz ou discípulo, mas como alguém que também constrói teoria, tem suas posições teóricas firmadas, enfrenta polêmicas próprias, marca a história da disciplina com contribuições originais (DEMO, 1991, p. 24).

Esta pesquisa também tem um caráter exploratório, pois “os dados obtidos podem servir para levantar possíveis problemas de pesquisa” (TRIVIÑOS, 2007, p.109). Nesse caso, esta pesquisa, ao discordar na antiga organização na teia conceitual sobre ácido-base como funções químicas, pode propor uma nova organização conceitual.

1.1.1 OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta construção teórica aproxima-se da abordagem qualitativa, tendo em vista a interpretação e a análise dos trabalhos obtidos através do levantamento bibliográfico realizado. Nesse sentido, o plano de análise consistiu em organizar, sistematizar e extrair sentido dos dados dos textos utilizados (CRESWELL, 2007).

Para a análise dos dados, aplicou-se a técnica da análise temática (BARDIN, 1977). A primeira etapa, pré-análise, consistiu na organização dos documentos a serem analisados, tendo como foco àqueles relacionados a primeira confusão teórico-conceitual (Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica?), sistematizando as ideias iniciais. Nesse momento, foi realizada uma “leitura flutuante”⁹, ou seja, momento em que se começou a conhecer os textos, onde buscou-se definir, com maior acuidade, quais trabalhos seriam os mais representativos para ilustrar o problema, o que constituiu o corpus da pesquisa conforme ilustrado no Quadro 1. Para Bardin (1977), o corpus é formado pelo conjunto de documentos para serem submetidos aos procedimentos analíticos.

Quadro 1 - Artigos selecionados sobre ácidos e bases publicados na *QNEsc* entre 1999-2019.

Artigos selecionados sobre ácidos e bases publicados na <i>QNEsc</i>			
Primeira década: 1999-2009.			
Número	Nome do artigo	Mês e ano de publicação	Autores

⁹ De acordo com Bardin (2011), a leitura flutuante é o primeiro contato com os documentos que serão utilizados para análise.

1	Funções da Química Inorgânica...funcionam?	Maio de 1999.	Reinaldo C. de Campos e Reinaldo C. Silva.
2	Teorias ácido-base do século XX.	Maio de 1999.	A. P. Chagas.
3	Mudança nas cores dos Extratos de Flores e do Repolho Roxo.	Novembro de 1999.	J. A. de M. Gouveia-Matos.
4	Explorando as Bases Matemáticas da Volumetria: uma proposta didática.	Maio de 2001.	E. O. da Silva.
5	Decomposição Térmica do PVC e Detecção do HCl Utilizando um Indicador Ácido-Base Natural: uma proposta de ensino multidisciplinar.	Novembro de 2001.	Marconato e Fracchetti.
6	Determinação Quantitativa dos íons Cálcio e Ferro em Leite Enriquecido.	Novembro de 2001.	Jaylei M. Gonçalves; Katia C.L. Antunes e Alexandre Antunes.
7	Ácidos Orgânicos: dos primórdios da Química Experimental à sua presença em nosso cotidiano.	Maio de 2002.	Fiorucci et al.
8	A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos.	Maio de 2003.	Antônio R. Fiorucci, Márlon F. B. Soares e Éder T. G. Cavalheiro.
9	Corantes Naturais: extração e emprego como indicadores de pH.	Maio de 2003.	Marcelo V. Dias, Pedro I. C. Guimarães e Fábio Merçon.
10	Solução tampão: uma proposta experimental usando materiais de baixo custo.	Novembro de 2004.	José C. Marconato, Sandra M. M. Franchetti e Roberto José Pedro.
11	Chuva ácida: um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio.	Maio de 2005.	Daltamir J. Maia, Wilson A. Gazotti, Maria C. Canela e Aline E. Siqueira.
12	Química Pré-Biótica: sobre a origem das moléculas orgânicas na terra.	Novembro de 2005.	Maria M. Murta e Fabio A. Lopes.
13	A Corrosão na Abordagem da Cinética Química.	Novembro de 2005.	Thiago S. Costa, Danielle L. Ornelas, Pedro I. C. Guimarães e Fábio Merçon.

14	Um Estudo Sobre a Oxidação Enzimática e a Prevenção do Escurecimento de Frutas no Ensino Médio.	Novembro de 2005.	Lucinéia C. de Carvalho, Karina Lupetti e Orlando Fatibello-Filho.
15	Experimentos com Alumínio.	Maio de 2006.	Thiago S. Costa, Danielle L. Ornelas, Pedro I. C. Guimarães e Fábio Merçon.
16	Experimento Simples e Rápido Ilustrando a Hidrólise de Sais.	Novembro de 2006.	Orlando Fatibello-Filho, Lúcia D. Wolf, Mônica H. M. T. Assunção e Oldair D. Leite.
17	A Chuva ácida na Perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de química.	Maio de 2007.	Juliana C. Coelho e Carlos A. Marques.
18	Padronização de Soluções Ácidas e Básicas Empregando Materiais do Cotidiano.	Maio de 2007.	Willian T. Suarez, Luiz H. Ferreira e Orlando Fatibello-Filho.
19	Investigando Componentes no Leite em uma Atividade Interativa.	Maio de 2007.	Kátia Zutin e Josely K. Oliveira.
20	Ácidos Carboxílicos e Sobrevivência: uma experiência de sala de aula.	Novembro de 2007.	Hebe R. C. Peixoto e Andréia R. de Oliveira.
21	Variação de pH em Água Mineral Gaseificada.	Novembro de 2008.	Luiz H. Ferreira, Dácio R. Hartwing e Ricardo C. de Oliveira.
22	Vamos Jogar uma SueQuímica?	Agosto de 2009.	Ana Paula B. dos Santos e Ricardo C. Michael.
23	A Química do Refrigerante.	Agosto de 2009.	Ana Carla da S. Lima e Júlio Carlos Afonso.
24	pH do Solo: determinação com Indicadores ácido-base no ensino médio.	Novembro de 2009.	Márjore Antunes, Daniela S. Adamatti, Maria Alice R. Pacheco e Marcelo Giovanela.
Segunda década: 2010-2019.			
25	O que é uma Gordura Trans?	Maio de 2010.	Fábio Merçon.

26	Processos Físico-Químicos no Biofilme Dentário Relacionados à Produção da Cárie.	Agosto de 2010.	Karina I. R. Teixeira, Audrey Cristina Bueno e Maria E. Cortés.
27	Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais.	Mai de 2011.	Carlos A. F. de Oliveira, João B. de R. Filho, Liliane R. de Andrade.
28	Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química.	Novembro de 2012.	Patrícia B. M. Focetola, Pedro Jaber Castro, Aline C. J. de Souza, Lucas da S. Grion, Nadia Cristina da S. Pedro, Rafael dos S. Iack, Roberto X. de Almeida, Anderson C. de Oliveira, Cláudia V. T. de Barros, Enilce Vaitsman, Juliana B. Brandão, Antonio Carlos de O. Guerra e Joaquim Fernando M. da Silva.
29	Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “Funções Inorgânicas”.	Novembro de 2014.	Leonardo A. Silva, Ariane L. Larentis, Lúcio A. Caldas, Manuel G. L. Ribeiro, Rodrigo V. Almeida e Marcelo H. Herbst.
30	Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica.	Fevereiro de 2014.	Bruna da Silva, Márcia Regina Cordeiro e Keila Bossolani Kiill.
31	Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro.	Fevereiro de 2015.	Daltamir Justino Maia, Nádia Segre, Andreza Costa Scatigno e Mercia Breda Stella.
32	Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a “Força” dos Ácidos.	Novembro de 2015.	Eduardo Zapp, Giuliana S. Nardini, Juliana C. Coelho e Fábio A. Sangiogo.
33	Estudo da Solubilidade dos Gases: Um Experimento de Múltiplas Facetas.	Novembro de 2015.	Aline G. Nichele, Andréia M. Zucolotto e Eduarda C. Dias.
34	A Tecelagem Huni Kuin e o Ensino de Química.	Agosto de 2016.	Maria Antonia Moura da Silva, Alcindo da Silva Falcão, Marina Santana da Silva e Anelise Maria Regiani.
35	Discutindo o contexto das definições de ácido e base.	Fevereiro de 2018.	Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva.

36	Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base.	Novembro de 2018.	Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva.
37	Aprendizagem dos Conceitos de Ácidos e Bases em um Estudo Sobre a Linguagem.	Mai de 2019.	Geruza S. Nascimento e Bruno F. dos Santos.
Total	24 (primeira década) + 13 (segunda década) = 37 artigos		

Fonte: Elaboração própria.

Para a seleção de artigos da *QNEsc*, buscou-se nas palavras-chave, título e resumo os seguintes termos: ácido, base, acidez, basicidade, titulação, neutralização, indicador ácido-base e pH. Utilizou-se um recorte de vinte anos a partir da publicação de Campos e Silva (1999), conforme Quadro 1, de modo a verificar se houve (ou não) a perpetuação das confusões teórico-conceituais. Vale destacar que, o critério de escolha dos demais periódicos e eventos nacionais foi uma busca na base google acadêmico utilizando as mesmas palavras-chave para a seleção de trabalhos da *QNEsc*, de modo a alinhar os resultados observados nessa revista.

A segunda etapa consistiu na exploração do material utilizado. Buscou-se destacar trechos dos textos, livros e artigos para classificar as categorias temáticas. Por fim, a terceira etapa, envolveu o tratamento e a interpretação dos dados obtidos. Para Bardin (1977, p.101), na análise dos dados, “[...] o analista, tendo à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas.”

Para análise dos artigos publicados na *QNEsc*, tomou-se como ponto de partida para as confusões teórico-conceituais sobre ácido-base o clássico trabalho de Reinaldo Calixto de Campos e Reinaldo Carvalho Silva publicado na *Revista Química Nova na Escola* em 1999, intitulado *Funções da Química Inorgânica...funcionam?* No entanto, no decorrer das análises, outras confusões foram se delineando conforme listadas a seguir: (1) Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica? (2)

Regras desarticuladas de classificação; (3) Desarticulação entre as teorias ácido-base ou ausência de teoria ácido-base; (4) Reação química generalizada: ácido + base → sal + água; (5) Falta de contextualização.

Ademais, utilizou-se a primeira confusão teórico-conceitual – Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica? – por se considerar a mais latente entre as confusões observadas para análises de outros trabalhos em periódicos de ensino, eventos nacionais e em livros didáticos de Química (Quadro 2).

Quadro 2 - Livros Didáticos de Química do Nível Médio aprovados pelo PNLD 2018.

Identificação do Livro Didático	Livro Didático	Autor (es)
Livro A	Ser Protagonista	Julio Cezar Foschini Lisb'oa (organizador).
Livro B	Vivá – Química	Vera Lúcia Duarte de Novais e Murilo Tissoni Antunes.
Livro C	Química	Carlos Alberto Mattoso Ciscato, Luis Fernando Pereira, Emiliano Chemello, Patricia Barrientos Proti (organizadores).
Livro D	Química Cidadã	Wildson Luis Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól (organizadores).
Livro E	Química	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado.
Livro F	Química	Martha Reis.

Fonte: Elaboração própria.

Portanto, adotaram-se como coleta de dados, artigos publicados na *Revista Química Nova na Escola*, trabalhos em eventos nacionais da área e livros didáticos de Química do Nível Médio aprovados pelo PNLD – 2018.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese está dividida em quatro capítulos, sendo o primeiro a introdução. Nela apresenta-se o problema de pesquisa, objetivos e referências teóricas que serão utilizados, o que inclui o materialismo-dialético – abordado em um tópico da introdução. Em seguida, serão apresentados os demais capítulos seguidos da conclusão da tese.

No segundo capítulo, intitulado *Confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base*, apresento um levantamento das principais confusões teórico-conceituais presentes nos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Química no Brasil.

O terceiro capítulo, intitulado *Ácidos e bases nos livros didáticos: ainda duas das quatro funções da Química Inorgânica?* Busca apontar que classificar as substâncias em relação à função na Química Inorgânica é algo que há um tempo vem causando confusão. Isso ocorre devido à mistura de critérios de classificação, sendo que para alguns grupos de substâncias é comportamental e para outros é constitucional. Não ter clareza sobre esse ponto gera uma confusão no processo de ensino-aprendizagem. Esse fato foi identificado por autores como Campos e Silva, em artigo científico, há cerca de vinte anos. Assim, este capítulo tem por objetivo identificar se nos livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional de Livros Didáticos 2018 ainda ocorre a classificação de ácido-base como funções da Química Inorgânica, com óxidos e sais e se deixam explícitos os critérios de classificação.

No quarto capítulo, *Ácido-Base e a Sistematização do Conhecimento Químico*, busco apontar que as confusões teórico-conceituais aqui constatadas não são apenas problemas contemporâneos. Trata-se de um problema histórico, ou seja, os conceitos ácido-base atravessam a história de maneira que sua compreensão se confunde com a própria origem da Química, ou melhor, com os processos envolvidos na construção do conhecimento químico.

1.3 O MATERIALISMO HISTÓRICO-DIALÉTICO: UMA CONCEPÇÃO DE MUNDO

Falar sobre o Materialismo Histórico-Dialético pressupõe a “concepção de que tudo o que existe é matéria – e de que o desenvolvimento desta conduz ao surgimento da vida e, em seguida, dos seres humanos (o materialismo filosófico)” (LESSA, 2016, p. 321). Se considerarmos a clássica definição de que matéria é tudo o que tem massa e ocupa lugar no espaço, então o ser humano é matéria. Para a dialética materialista, a matéria está em constante movimento, sendo este uma característica inerente a ela¹⁰ (ENGELS, 1976). Porém, o ser humano é também um ser social, e este se originou após a origem do mundo.

Mas o que é o ser social? Antes de tentarmos responder esta pergunta, traçamos algumas considerações sobre o que se entende em Marx como ser. De acordo com Marx (2004, p.127) “um ser não objetivo é um não-ser.” Para José Paulo Netto (tradutor de algumas obras de Marx e professor emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro), em Marx, o ser é movimento¹¹, mas não é um movimento qualquer (NETTO, 2011). Segundo esse autor, a ideia de movimento pode ser expressa da seguinte forma: B é ao mesmo tempo B e não-B; em outras palavras, B é ao mesmo tempo a afirmação de si com forças que negam essa própria afirmação. É a partir desse conflito (entre o que afirmamos de B e aquilo que é a negação de B) que vai emergir o diferente, ou melhor, o outro. Assim, para o professor José Paulo Netto, o exercício que Marx nos coloca é tentar entender que o problema não está em discutir o movimento, mas a natureza desse movimento.

A princípio, o ser social é aquele que se originou de outros seres, menos complexos. Para discutir essa ideia, Marx se apropria dos pressupostos teóricos de Hegel¹². Este foi o pensador capaz de perceber que o ser é movimento, mais

¹⁰ Segundo Marx (1978, p.118): “tudo o que existe, tudo o que vive sobre à terra ou na água, só existe, só vive por intermédio de algum movimento. Assim, o movimento da história gera as relações sociais.”

¹¹ Para tanto, tudo aquilo que parece cristalizado está em movimento. Essa ideia é comum a todos os teóricos da modernidade.

¹² Para Hegel (2005a, p.175): “o ser (Sein) puro constitui o começo, porque é tanto puro pensamento quanto é o imediato indeterminado, simples; ora, o primeiro começo não pode ser algo mediatizado e, além do mais, determinado.”

autodinamizado pelas contradições que possui. É isso que caracteriza a concepção dinâmica de movimento em Marx¹³. A dinâmica é interna e imanente. O ser é um movimento porque ele é um campo de tensões, ou melhor, um campo de contradições, e é a existência dessas contradições que dinamiza o ser e que se resolvem com rupturas.

Outra consideração é que o movimento põe categorias específicas que não valem para todos os tipos de ser. Para Marx, o que está por trás dessa ideia não é apenas que o ser é movimento, mas está na especificidade destas categorias (NETTO, 2011).¹⁴ O ser que nós conhecemos tem níveis, o ser é unitário; mas ele não é identitário.¹⁵

O ser que conhecemos tem três modalidades. O primeiro é o ser inorgânico. Uma característica deste é que ele não se reproduz, mas se transforma. Por exemplo, os minerais se transformam constantemente tanto do ponto de vista físico quanto do químico. A segunda modalidade do ser é o orgânico, com a propriedade da vida e da reprodução e que está em constante movimento.¹⁶ Sobre a vida, sabe-se que ela:

Surgiu no universo há cerca de 3,5 bilhões de anos atrás no planeta Terra. Sabemos que suas formas primeiras eram muito mais simples do que a enorme maioria dos seres vivos que hoje conhecemos: surgem como organismos que não são mais do que algumas proteínas e lipídios em uma organização que possibilita que reproduzam a si próprios. Assim surge a vida: os processos biológicos pelos quais os organismos reproduzem a si próprios e em que opera a seleção natural (LESSA, 2016, p. 321).

¹³ Hegel pensava o movimento como movimento do espírito. Já Marx, o movimento permeia toda a realidade material e as suas expressões anímicas no cérebro dos homens. Ser é um movimento contraditório com contradições, confrontos e que se resolvem com rupturas e rompimentos.

¹⁴ NETTO, J. P. Entrevista José Paulo Netto. Trab. Educ. Saúde. Rio de Janeiro, v.9, n.2, p.333-340, 2011.

¹⁵ Aqui, cabe discutir a diferença entre unidade e identidade. O mundo tal como nós conhecemos é uma unidade, mas não é uma identidade, pois a matéria tem historicidade, com níveis de complexidade e dinâmicas diferentes, assim como diversidade de “seres” na sua composição. O mundo é unidade de diversidades em movimento e materialmente determinado.

¹⁶ O ser inorgânico não é um ser simples, mas é menos complexo que os demais. Por exemplo, a estrutura do átomo é algo que ainda estudamos e que não esgotamos o seu conhecimento devido a sua complexidade.

A terceira modalidade pressupõe as duas primeiras, mas não se identifica com elas, que é o ser social. O ser social é infinitamente mais complexo que os outros seres, uma vez que ele cria instrumentos para atender necessidades, com isso modifica o seu entorno, e a si mesmo.

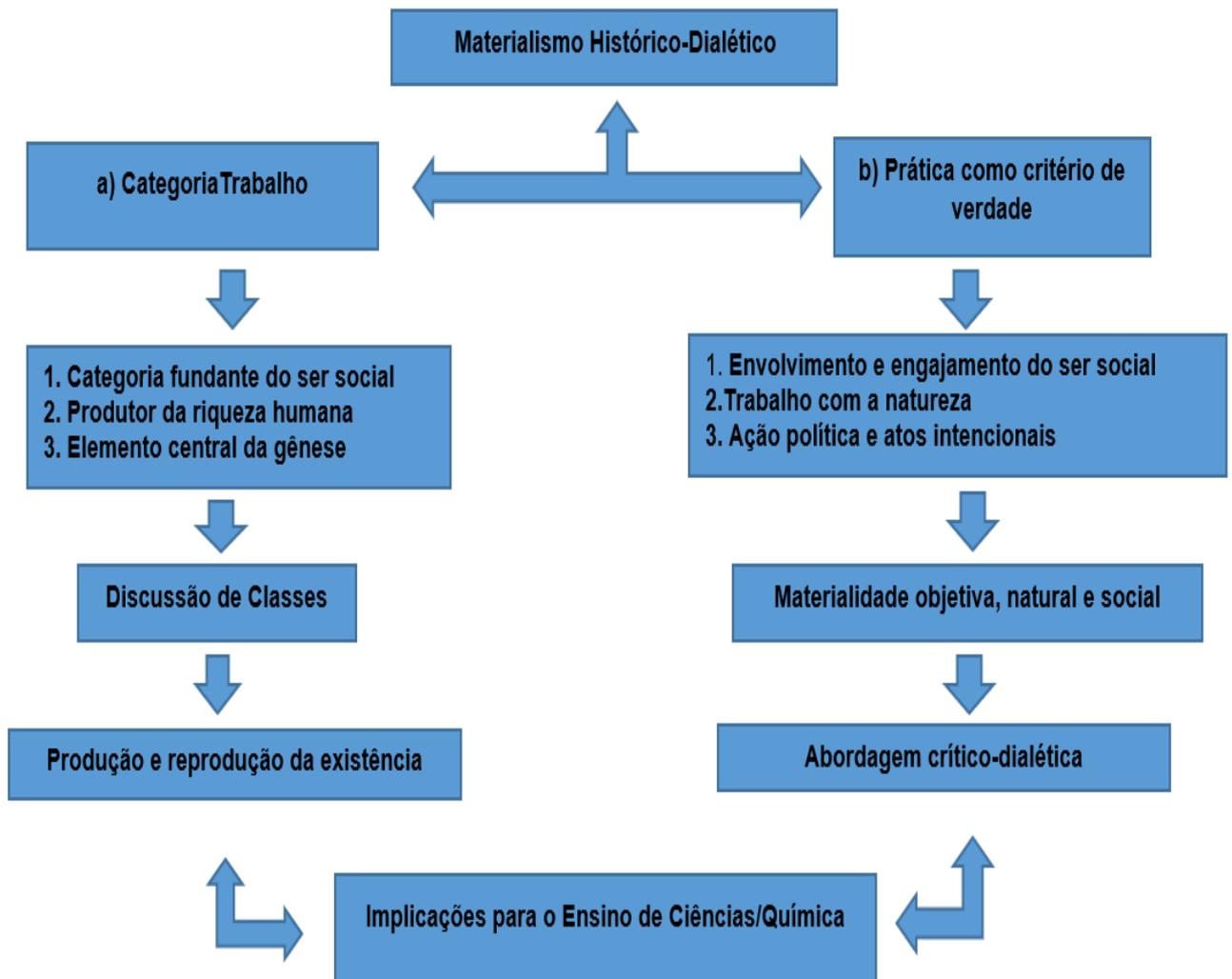
Para o filósofo Lukács, em sua principal obra, a *Ontologia do ser social*, o aparecimento do ser humano o diferencia dos outros animais pela capacidade de realizar trabalho, “ao passo que os animais agem para satisfazer suas necessidades, os seres humanos agem para produzir os meios de satisfação de suas necessidades” (MARX; ENGELS, 1993, p. 39-40) que é a realização do trabalho.

Nesse sentido, o trabalho constitui um instrumento teórico-prático para a transformação social com vistas a emancipação humana (MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020). Com base nos trabalhos de Karl Marx e de outros autores estudiosos do marxismo (LESSA; TONET, 2011; LUKÁCS, 2010, 2018; LESSA, 2016; MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020), entendo que esta categoria é um elemento central para a gênese na ontologia do ser social, bem como para sua relação com questões e desdobramentos do cenário em que vivemos atualmente. Por exemplo, “a defesa que fazemos é que o horizonte para superação das mazelas postas, que se destacam em épocas de pandemia, só pode ser vencido via superação do capital” (MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020, p.1343).

Para Barata-Moura (1978), o ser social como parte integrante do universo se torna um ser material ao transformar o mundo material – natural e social – tendo o trabalho de transformação da natureza como uma prática material transformativa. Nessa perspectiva, o trabalho é entendido como “ato primário que precisa ser realizado diuturnamente para garantir a reprodução do ser social e a da espécie, e indo além, produzindo sua existência universalmente” (MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020, p.1327). A reprodução, é um processo permanente de transformação da natureza-humana (ou seja, a natureza em sua forma humana) e da natureza–natural (a natureza em si mesma).

Assim, ao levar em conta essas considerações teóricas em torno do Materialismo Histórico-Dialético, proponho a Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Sobre o Materialismo Histórico-Dialético.



Fonte: Elaboração própria com base em Messeder Neto e Moradillo (2020).

Com base no Materialismo Histórico-Dialético, a discussão das classes remete à forma como produzimos e reproduzimos a nossa própria existência. Nas palavras de Marx e Engels:

Devemos começar por constatar o primeiro pressuposto de toda a existência humana e também, portanto, de toda a história, a saber, o pressuposto de que os homens têm de estar em condições de viver para poder “fazer história”. Mas, para viver, precisa-se, antes de tudo, de comida, bebida, moradia, vestimenta e algumas coisas mais. O primeiro ato histórico é, pois, a produção dos meios para a satisfação dessas necessidades, a produção da própria vida material, e este é,

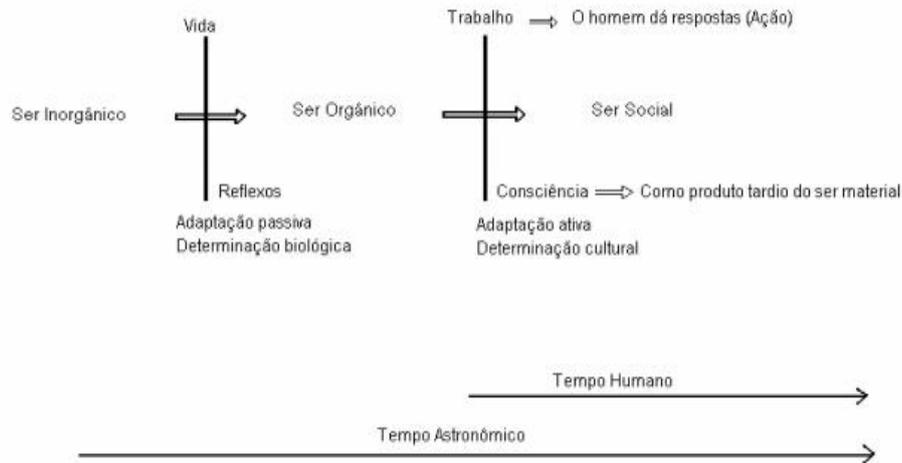
sem dúvida, um ato histórico, uma condição fundamental de toda a história, que ainda hoje, assim como há milênios, tem de ser cumprida diariamente, a cada hora, simplesmente para manter os homens vivos. [...] Mesmo que o mundo sensível, [...], seja reduzido a um cajado, a um mínimo, ele pressupõe a atividade de produção desse cajado. A primeira coisa a fazer em qualquer concepção histórica é, portanto, observar esse fato fundamental em toda a sua significação e em todo o seu alcance e a ele fazer justiça [...] (MARX; ENGELS, 2007, p. 32-33).

O modo de produção e de reprodução “tem direta relação com a forma que conhecemos o mundo e as necessidades postas que foram aparecendo no decorrer da nossa história e como fomos concebendo o conceito de verdade e de produção do conhecimento” (MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020, p.1330). Para estes autores, o modo de reprodução da vida, a princípio, está vinculado atualmente a mercantilização normatizada e naturalizada pelo capitalismo.

Nessa perspectiva, a prática social pode ser entendida como critério de verdade. Dialogando com Barata-Moura (1978, 1994), Messeder Neto e Moradillo (2020), concordo que a prática está relacionada com a atividade material de transformação, mais especificamente, com a ação-transformadora do ser social no mundo material, tendo como pressuposto: a materialidade objetiva, expressa na sua forma de natureza propriamente dita e no social (a natureza no seu formato humano).

Em síntese, o que se verifica em Marx, é que não há três seres, mas três modalidades básicas de ser, ou seja, três níveis do ser que se diferenciam pela sua complexidade. Em grande medida, o que o autor apresentava no século XIX era o salto ontológico do ser orgânico para o ser o social, com base em um novo tipo de materialismo (MARX, 2005; MENDES, 2018; LESSA, 2016; MESSEDER NETO; MORADILLO, 2020). Para ilustrar tal perspectiva, tomo como exemplo a Figura 2 a seguir:

Figura 2 – A gênese do ser social.



Fonte: Moradillo (2010, p. 79).

O ser orgânico, assim como o ser social, depende da existência do ser inorgânico. No entanto, o ser inorgânico independe da existência dos outros níveis, mas a inversa aqui não é verdadeira.

Em todos os três estágios da organização da matéria há traços de continuidade que são universais (a gravitação no inorgânico, a seleção natural no orgânico, o trabalho...) **e traços que são apenas particulares (as propriedades dos ácidos ou das bases, o ciclo de Krebs e a ordenação da sociedade pelo Estado e pela política etc.)** (LESSA, 2016, p. 350, grifos meus).

Seguindo esta linha de pensamento, quanto aos ácidos-bases é necessário distinguir o que é particular de cada um deles (ácidos e bases) e compreender, que eles compõem um todo: ácido-base.¹⁷

¹⁷ Entende-se, agora, que o estudo de conceitos pressupõe o entendimento do ser social, que existe porque realiza trabalho na mediação com a natureza. Mais adiante, será tratado sobre a complexidade da formação dos conceitos ácido-base.

Ademais, nós temos uma qualidade que não existe na natureza orgânica ou inorgânica: a sociabilidade. Nesse sentido:

O ser social é frágil corporalmente se compararmos com vários tipos de animais, ele não é especialista em seu meio. Contudo, com a mediação do trabalho, ele consegue essa plasticidade que o caracteriza, ele consegue se impor e ocupar quase todos os nichos existentes na superfície da terra. Agindo sobre a natureza e transformando-a, o ser social vai além da sua determinação biológica. Ao produzir cultura, dentro de relações sociais, onde a natureza é o princípio e o limite posto, supera o biológico e passa a ser determinado por esse novo padrão sócio-ambiental: a cultura. É a isto que estamos chamando de adaptação ativa: a determinação social e não biológica do ser humano (MORADILLO, 2010, p. 80).

Para o referido autor, ao contrário das outras modalidades do ser, o ser social age de forma organizada por meio da sua cultura, e tem na sua gênese o trabalho. O trabalho é o marco do ser social, “que é a ação deliberada — consciente — do homem na natureza para atingir determinados fins. Essa nova espécie se desenvolve tendo como característica a criação do novo para dar conta das suas necessidades” (MORADILLO, 2010, p. 80). Nessa perspectiva, os conhecimentos de ácido-base são desenvolvidos ao longo no tempo com o intuito de classificar materiais que dão conta de atender essas novas necessidades.

Entre nós, há sistemas de mediações que constituem a cultura. Nós operamos com sistemas de mediações como a linguagem articulada. Por exemplo, sobre um número finito de fonemas, nós temos a possibilidade de construir um universo de significações infinitas. Nenhum outro ser tem esse tipo de linguagem, apenas o ser social. E isso não é natural, mas apreendido. De forma análoga, o pensamento de Marx pode ser entendido como:

[...] O que distingue, de antemão, o pior arquiteto da melhor abelha é que ele construiu o favo em sua cabeça, antes de construí-lo em cera. No fim do processo de trabalho obtém-se um resultado que já no início deste existiu na imaginação do trabalhador e, portanto, idealmente. Ele não apenas efetua uma transformação da forma da matéria natural; realiza, ao mesmo tempo, na matéria natural seu objetivo, que ele sabe que determina, como lei, a espécie e o modo de sua atividade e ao qual tem de subordinar sua vontade (MARX, 1985, p. 149-150).

Portanto, é este ser que é o objeto da pesquisa de Marx – o ser que ao pensar planeja, e prevê como será a sua obra, e assim pode arquitetar, diversas formas de obras; ao contrário das abelhas, que por anos executam a mesma forma de construção. Para o autor, o objeto é inesgotável, sendo a riqueza infinita uma vez que ela está em movimento ou transformação. O conhecimento acerca do objeto nunca é exaustivo; ele só é exaustivo quando num momento histórico e determinado a forma peculiar deste ser que se transforma tão substantivamente que ela deixa de existir como tal. Assim, podemos estudar este ser porque ele se esgotou. Um exemplo claro desse pensamento é o capitalismo, o modo de produção capitalista.

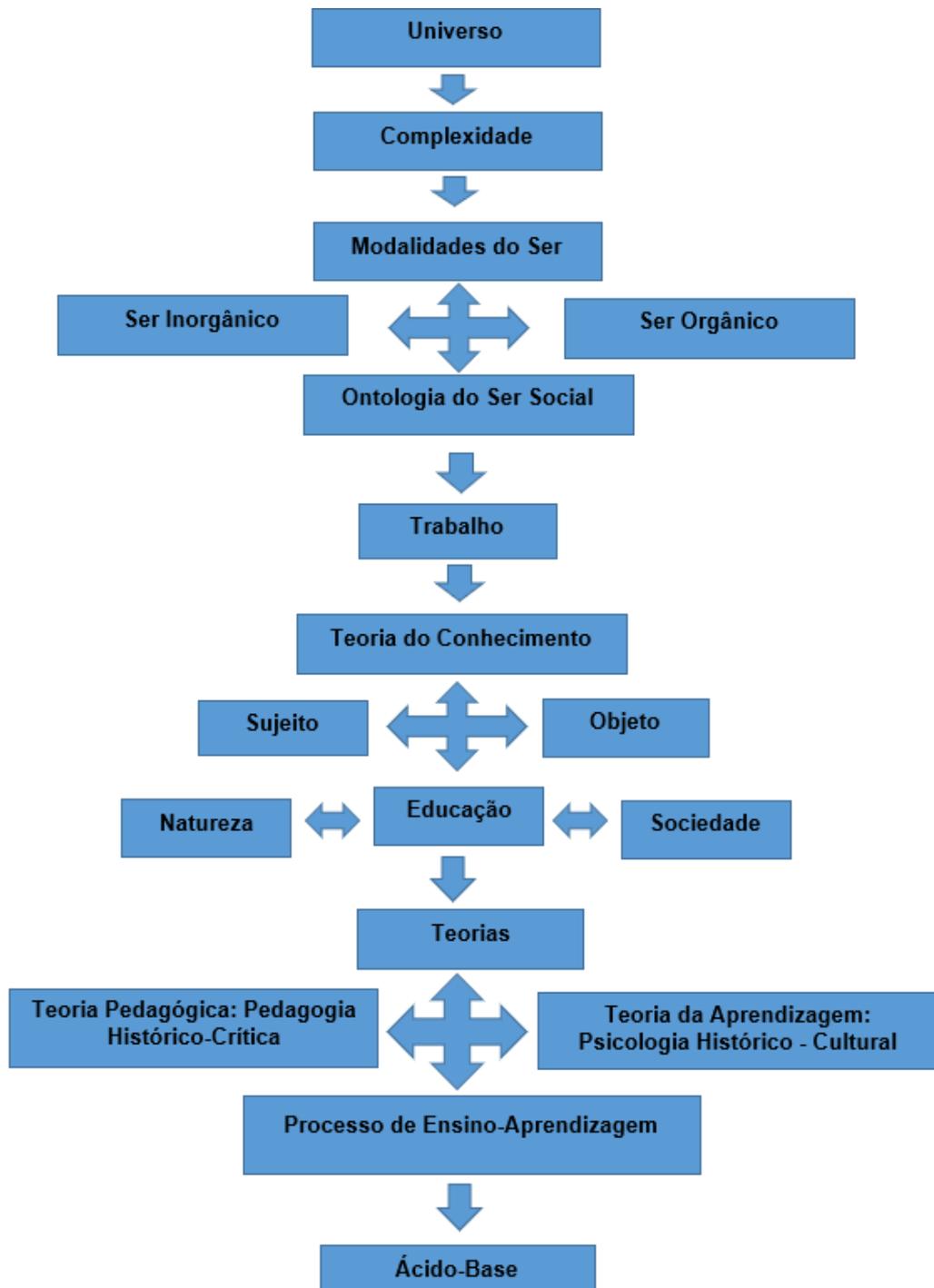
A educação segundo Saviani (2013, p. 11) é um fenômeno próprio dos seres humanos, logo uma exigência do e para o processo de trabalho. Amparado em Marx (1978, p. 70-80) o autor distingue o trabalho material (aquele que produz algo para dar conta da subsistência humana), do trabalho não-material que trata “da produção de ideias, conceitos, valores, símbolos, hábitos, atitudes, habilidades. Numa palavra, trata-se da produção do saber, seja do saber sobre natureza, seja do saber sobre a cultura, isto é, o conjunto da produção humana” (SAVIANI, 2013, p. 12), ou seja, a educação é um tipo de trabalho não material.

Importa, porém, distinguir, na produção não material, duas modalidades. A primeira refere-se àquelas atividades em que o produto se separa do produtor, como no caso dos livros e objetos artísticos. Há, pois, nesse caso, um intervalo entre a produção e o consumo, possibilitado pela autonomia entre o produto e o ato de produção. A segunda diz respeito às atividades em que o produto não se separa do ato de produção. Nesse caso, não ocorre o intervalo antes observado; o ato de produção e o ato de consumo imbricam-se. É nessa segunda modalidade do trabalho não material que se situa a educação. [...] A aula é pois, produzida e consumida ao mesmo tempo (produzida pelo professor e consumida pelos alunos) (SAVIANI, 2013, p. 12).

Portanto, o que se observa é que a Ontologia do Ser Social remete a um curso que articula a relação entre Natureza, Sociedade, Trabalho e Educação. Além disso, esta perspectiva implica numa teoria do conhecimento, a qual expressa distintamente a relação entre sujeito e objeto na teoria social proporcionada pelo Marxismo e que influencia em, ao menos, três abordagens teóricas: teoria educacional, pedagógica e

aprendizagem. Assim, entendo que tais relações podem ser ilustradas conforme a Figura 3.

Figura 3 – O Materialismo Histórico-Dialético e os conceitos ácido-base.



Fonte: Elaboração própria com base no Materialismo Histórico-Dialético.

2. CONFUSÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS EM TORNO DOS CONCEITOS ÁCIDO-BASE

Este capítulo visa identificar, por um levantamento bibliográfico, as principais confusões teórico-conceituais em torno do uso dos conceitos ácido-base: (1) Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica? (2) Regras desarticuladas de classificação; (3) Desarticulação entre as teorias ácido-base ou ausência de teoria ácido-base; (4) Reação química generalizada: ácido + base \rightarrow sal + água; (5) Falta de contextualização.

2.1 ÁCIDO, BASE, SAL E ÓXIDO: FUNÇÕES DA QUÍMICA INORGÂNICA?

Começo esta seção, apresentando que classificar ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica, requer, dois desdobramentos. O primeiro, remete considerar que tais categorias sejam excludentes, o que é um equívoco, pois se misturam critérios comportamentais com critérios constitucionais frente ao conceito de função química (CAMPOS; SILVA, 1999). O segundo, consiste que ao considerar ácido e base como classificação da Química Inorgânica, exclui os compostos da Química Orgânica.

Com relação ao primeiro desdobramento, é relevante destacar que a mistura de critérios comportamentais e constitucionais contribui muito com esta confusão teórico-conceitual, conforme destacaram Campos e Silva (1999):

Feltre define que “sais são compostos iônicos que possuem pelo menos um cátion diferente do H^+ e um ânion diferente do OH^- ” e “óxidos são compostos binários do oxigênio.” Como esses critérios são puramente constitucionais, a conclusão inevitável é: sais e óxidos não são funções. Contraditoriamente, isso é reconhecido pelo próprio autor: “...os sais, logicamente, não terão propriedades funcionais...” e “...é fácil concluir que não é possível atribuir propriedades funcionais a todas essas famílias de óxidos” (FELTRE, 1977, 1982, 1994, apud CAMPOS; SILVA, 1999, p. 19).

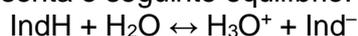
Outro exemplo, ocorre ao se discutir a força dos ácidos quanto ao número de hidrogênios presentes na estrutura química de determinadas moléculas, onde Zapp *et al.* (2015) comentam:

É importante que não haja essa confusão entre o número de hidrogênios da molécula, o número de hidrogênios ionizáveis e o número de hidrogênios que sofrem ionização. Por exemplo, para os ácidos testados, o ácido clorídrico, mesmo possuindo um hidrogênio na molécula, é classificado como um ácido “forte”, enquanto o ácido carbônico, mesmo possuindo dois hidrogênios na molécula, é classificado como um ácido “fraco” (ZAPP *et al.*, 2015, p. 282).

Como nem todos os trabalhos deixam claro esse aspecto, observa-se, a seguir, uma compreensão equivocada e confusa do conteúdo em trabalhos publicados na área de ensino de Química quando abordam os referidos conceitos como funções químicas. Destaca-se a seguir, respectivamente, o primeiro desdobramento (mistura de critérios comportamentais e constitucionais envolvendo as “funções inorgânicas”), e em seguida, o segundo desdobramento (ácido-base: inorgânico x orgânico).

No artigo intitulado *Mudança nas cores dos Extratos de Flores e do Repolho Roxo*, Gouveia-Matos (1999)¹⁸ relaciona o critério constitucional com o comportamental para a classificação ácido-base de espécies indicadoras visuais de acidez e basicidade:

Inicialmente deve-se assinalar que de acordo com a definição de ácido e base de Brønsted-Lowry, os indicadores são eles próprios compostos ácidos ou básicos. Assim, um indicador genérico IndH em solução aquosa apresenta o seguinte equilíbrio:



Com isso, o aumento ou a diminuição de espécies ácidas ou básicas no meio fará com que o equilíbrio se desloque para a esquerda ou para a direita, e a cor resultante será dependente das concentrações relativas de IndH e Ind⁻, que são as espécies responsáveis pela coloração do meio (GOUVEIA-MATOS, 1999, p. 6).

É importante salientar que o exemplo de Gouveia-Matos (1999) se aplica para espécies indicadoras que tenham H ionizável na estrutura. Porém, quando não tenha,

¹⁸ Este artigo é citado como exemplo nos dois desdobramentos da primeira confusão conceitual.

pode produzir H^+ por meio da autoionização do solvente. Assim, ao buscar relacionar o comportamento com a constituição dos indicadores, é relevante salientar que este deveria conter H em potencial para ser ionizado, mas não o tendo, ainda assim pode fazer a autoionização do solvente.

No texto *Vamos jogar uma SueQuímica?* Apesar dos autores usarem no jogo de cartas substâncias orgânicas e inorgânicas, todas elas possuem hidrogênio na sua constituição, e o reconhecimento da força ácida é descrita conforme destacado a seguir:

Saber reconhecer a carta mais ácida (como critério para levar as cartas da mesa) faz com que os alunos tenham que pensar sobre os fatores que influenciam na força ácida das substâncias apresentadas. Para tanto, ele pode fazer uso das constantes de equilíbrio (K_a), representadas na Tabela 1, ou avaliar a estrutura das substâncias representadas, uma vez que a acidez é influenciada pela presença de **grupos substituintes** (ANA PAULA B. DOS SANTOS; RICARDO C. MICHAEL, 2009, p. 180, grifos meus).

Neste jogo, as primeiras rodadas podem ocorrer com consulta de uma tabela que informa a estrutura e o valor de K_a para cada uma dessas substâncias. Porém, o fato dos grupos substituintes terem H pode reforçar o critério constitucional como característica fundante do caráter ácido, uma vez que foi anteriormente explicado que um ácido de Arrhenius produz íons H^+ que podem ser oriundo do solvente, neste caso, a água.

No artigo intitulado *Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino de Química*, Focetola *et al.* (2012), relatam três jogos didáticos, trabalhados no Ensino Médio, sendo o terceiro sobre funções inorgânicas:

O terceiro jogo educacional apresentado é dividido em duas partes, que foram denominadas *Construindo Fórmulas e Praticando Nomenclatura*. O objetivo destes é auxiliar os alunos na construção de fórmulas químicas e na determinação da nomenclatura das **funções inorgânicas – ácidos, bases, sais e óxidos**, respectivamente. O jogo é composto por um total de 231 cartas, sendo que 56 são utilizadas na construção das fórmulas e 175 na determinação da nomenclatura (FOCETOLA *et al.*, 2012, p. 252, grifos meus).

Observa-se que os autores consideram ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica, evidenciando categorias excludentes e misturando caráter comportamental e constitucional. Na segunda parte do jogo, o caráter constitucional é levado com maior consideração para determinar a nomenclatura.

No artigo *Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”*, Silva et al. (2014) abordam esta primeira confusão teórico-conceitual, identificando-a e explicando-a considerando Bachelard. É importante salientar que estes autores fazem uma pesquisa com estudantes do curso superior em Química, através de um questionário com questões diretas, relacionadas às definições ácido-base de Arrhenius e identificam a mistura de critérios na classificação das funções da Química Inorgânica:

Assim, entendemos que a manutenção de um tópico como funções inorgânicas vai no sentido oposto, destruindo nos estudantes o sentido da química como ciência em permanente construção e, ao mesmo tempo, reforçando a famosa decoreba que tanto afasta os estudantes do ensino médio do gosto pela química. Em outras palavras, estamos convencidos de que não se trata somente de modernizar o livro-texto, mas de promover uma reforma criteriosa em seu conteúdo e nas ementas dos cursos, seja no nível médio ou no superior (SILVA et al., 2014, p. 262).

Ademais, dos 59 sujeitos da pesquisa, 33 eram recém-ingressos, e os demais alunos de outros períodos, sendo observado que 85% dos calouros e 42% dos outros estudantes responderam como ácido e base considerando o caráter constitucional, ou seja, para que uma substância seja considerada ácida, ela deve ter H na sua composição, e de forma análoga, para ser considerada básica, OH na sua composição.

No trabalho intitulado *Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica*, Bruna da Silva, Márcia Regina Cordeiros e Keilla B. Kill (2014, p. 1), buscaram “trabalhar conteúdos da química inorgânica como tabela periódica e funções inorgânicas (ácidos, bases e sais).” Verifica-se que os óxidos não são mencionados pelas autoras como função da química inorgânica, visto que a

definição de óxidos está relacionada com o caráter constitucional. Infere-se, portanto, o cuidado das autoras nesse trabalho, em considerar como pré-requisito para ser considerada função da Química Inorgânica, o caráter comportamental. No entanto, no decorrer do trabalho, durante a discussão de jogo com os estudantes, uma das pesquisadoras atuando como mediadora argumentou:

Sobre o que caracteriza as substâncias de caráter ácido, quando considera que estas **apresentam íons H⁺** e aquelas com caráter básico, íons OH⁻, tentando relacionar tal definição à teoria de Arrhenius, a qual define os ácidos como toda substância que em solução aquosa **libera íons H⁺** e as bases, íons OH⁻ (CHAGAS, 2000, apud SILVA; CORDEIRO; KILL, 2014, p. 31, grifos meus).

Percebe-se, portanto, a permanência da confusão teórico-conceitual que envolve esses conceitos e as funções da Química Inorgânica, seu caráter comportamental e constitucional, pois o uso da expressão “apresentam íons H⁺” remete ao caráter constitucional, enquanto “libera” remete ao caráter comportamental. “Afim, o que determina a “força” de um ácido não é o número de hidrogênios presente na molécula, mas a porcentagem de moléculas do ácido que se ionizam” (ZAPP *et al.*, 2015, p. 282), que corresponde ao caráter comportamental.

Silva *et al.* (2014), em trabalho intitulado *Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”*, problematizam o tema “funções inorgânicas” em livros didáticos e cursos de química geral por meio da perspectiva bachelardiana de obstáculo epistemológico. Segundo os autores, as “funções (ácido, base, óxido e sal)” se confundem com a abordagem da “definição ácido-base de Arrhenius.”

Evidentemente essa definição equivocada (com suas inúmeras variantes) constitui um flagrante uso indevido do nome de Arrhenius. Além disso, a definição ácido-base de Arrhenius está fortemente ligada ao tópico **funções inorgânicas – ácido, base, sal e óxido** – geralmente numa discussão restrita às reações em soluções aquosas. Na grande maioria dos livros de química geral, as definições mais comuns para essas funções, além das definições de Arrhenius (equivocadas) para ácidos e bases, podem ser resumidas da seguinte forma: óxidos – são compostos binários nos quais o oxigênio é o

elemento mais eletronegativo; sais – são produtos de reações entre ácidos e bases. Distinguem-se ainda nas funções inorgânicas os sais e os óxidos ácidos, básicos, neutros e anfóteros (SILVA *et al.*, 2014, p.262, grifos meus).

De maneira alternada, livros didáticos de ensino superior como de Russel (1982, p. 391, grifos meus) trazem uma concepção equivocada: “ácido é uma substância **contendo hidrogênio** que produz íons hidrogênio em solução e base é uma substância **contendo hidróxido** que produz íons hidróxido em solução.” Para Silva *et al.* (2014), o acúmulo de classificações no que diz respeito a composição faz com que elas não somente se confundam, mas causam distorções ao aprendizado dos alunos. Os termos ácidos ou base tem relação com a reatividade; não com a composição/constituição. Outro ponto relevante é destacado pelos autores, quando comentam:

No entanto, salvo raras exceções, mesmo os livros de química modernos não problematizam as definições ácido-base, isto é, não são feitas considerações ao fato de coexistirem diferentes definições ácido-base ou tampouco remetem ao desenvolvimento histórico dessas definições (SILVA *et al.*, 2014, p. 262).

Silva *et al.* (2014), entendem que o uso do tópico “funções inorgânicas” vai no sentido contrário, “destruindo” nos estudantes o sentido da química como ciência em construção e, do mesmo modo, reforça “a famosa decoreba” que tanto afasta estudantes do Ensino Médio do interesse pela disciplina. Concordo com Silva *et al.* (2014), pois não se trata apenas de atualizar livros didáticos de química, nem apenas de reformar conteúdos e ementas de cursos no ensino médio e universitário. Ademais:

Retornando à definição ácido-base de Arrhenius e às funções inorgânicas, tema deste trabalho, qual professor de química jamais foi questionado sobre a obrigatoriedade da presença de hidrogênio na fórmula dos ácidos? O que dizer dos óxidos e sais ácidos, básicos ou anfóteros? (SILVA *et al.*, 2014, p. 264).

Para os autores, o ensino do tópico “funções inorgânicas” deve ser abolido dos cursos de química tanto do Ensino Médio quanto do ensino universitário, dando

espaço à abordagem dinâmica das reações químicas. E, nesse sentido, os livros didáticos deveriam ser o ponto de partida. Outro ponto relevante, diz respeito ao uso do termo “liberar” quando se referem à definição ácido-base de Arrhenius.

Em outras palavras, é correto falar em característica ácida ou característica básica de óxidos e sais frente a outras substâncias, mas não em função óxido ou função sal. Além do mais, a definição de Arrhenius da reação fundamental de neutralização ácido-base em solução aquosa não autoriza as funções óxido e sal (SILVA *et al.*, 2014, p. 267).

A partir deste estudo, Silva *et al.* (2014) apontam que as origens dos problemas evidenciados podem ser atribuídas aos livros didáticos e a ausência de discussão sobre aspectos epistemológicos dos tópicos em conteúdos programáticos dos cursos de química no ensino universitário. Penso, também, que tal ausência seja decorrente da formação de professores, sendo necessário discutir sobre a formação de conceitos químicos como ácido e base.

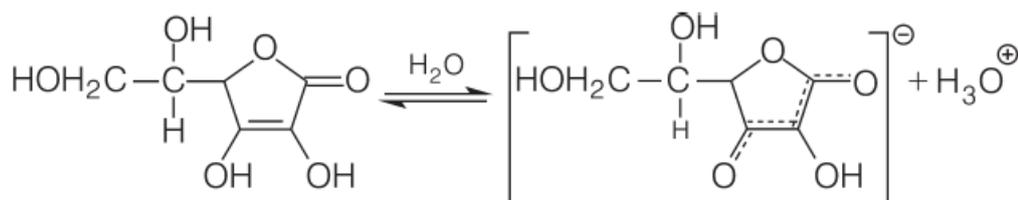
Com relação ao segundo desdobramento desta confusão (ácido-base: inorgânico x orgânico), destaco o artigo intitulado *Mudança nas cores dos Extratos de Flores e do Repolho Roxo*, de Gouveia-Matos (1999). Neste trabalho o autor utiliza compostos orgânicos para classificá-los quanto a acidez e basicidade. Neste sentido, questiona: 1 - “Como a mudança de pH pode alterar a estrutura de um composto orgânico?” 2 - “Como essa mudança na estrutura pode alterar a cor desse composto orgânico?” (GOUVEIA-MATOS, 1999, p. 6). Com essas perguntas, observa-se que o autor busca relacionar a estrutura de compostos orgânicos com o comportamento ácido-base.

No artigo intitulado *Ácidos Orgânicos: dos primórdios da Química Experimental à sua presença em nosso cotidiano*, Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002) descrevem vários ácidos orgânicos, a origem dos mesmos e aplicação no cotidiano. Os autores demonstram, com isso, que a classificação de ácidos também é aplicada a substâncias orgânicas, a partir de suas fórmulas moleculares e estruturais.

Nesse sentido, exemplificam que ácidos orgânicos podem ter uma função orgânica diferente de ácido carboxílico. Um exemplo dado por eles é o ácido ascórbico

(Figura 4), presente na vitamina C, que segundo eles, “é um ácido, embora este não pertença claramente à classe dos ácidos carboxílicos. Sua natureza ácida em solução aquosa deriva da ionização de uma hidroxila de um dos grupos enólicos (pKa = 4,25)” (FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO; 2002, p. 9).

Figura 4 - Primeira ionização do ácido ascórbico.



Fonte: Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002, p. 9).

Outro trabalho realizado por Bruna da Silva, Márcia Regina Cordeiro e Keila Bossolani Kiill (2014), intitulado *Jogo didático investigativo: uma ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica*, aborda o desenvolvimento, a avaliação e a aplicação do jogo didático com caráter investigativo: o Quiminvestigação. Foram tratados os conteúdos tabela periódica e funções inorgânicas (ácidos, bases e sais) a partir de estudos de casos que requerem dos alunos uma solução. O que se verifica é que as autoras consideram nitidamente os termos ácido, bases, sais e óxidos como “funções ou substâncias da química inorgânica.” Ademais, destacam trabalhos que têm sido desenvolvidos em jogos como o mesmo conteúdo “funções inorgânicas” (SILVA *et al.*, 2014; CASTRO *et al.*, 2012).

Apesar dos resultados apontarem, segundo os autores, que o jogo ajudou os estudantes na compreensão das definições da Química Inorgânica; em nenhum momento apresentam uma definição sobre o que é “funções da química inorgânica.” Considerando que os alunos não têm o conhecimento prévio acerca do assunto, estes deveriam apresentá-los. Ou pelo menos, apresentar o que a literatura química entende por funções da química inorgânica.

2.2 REGRAS DESARTICULADAS DE CLASSIFICAÇÃO

Outra confusão teórico-conceitual identificada por Campos e Silva (1999) relacionada ao ensino de conceitos ácido-base é o fato deste conteúdo carregar muitas regras e classificações. Por exemplo: (1) Quanto à presença ou não de oxigênio na estrutura (oxiácidos e hidrácidos); (2) Quanto ao número de hidrogênio ionizáveis (monoácido, diácido, triácido); (3) Quanto ao número de elementos na fórmula (binário, terciário, quaternário), além das diversas regras de nomenclatura.

Esse amontoado de classificações e regras foi identificado por Campos e Silva (1999) como uma confusão conceitual, uma vez que envolve um conjunto de regras desarticuladas, de modo que “esse assunto fantasmagórico, como se pretende demonstrar, não passa de um indigesto coquetel de conceitos descosidos e contraditórios” (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 18), que misturam critérios comportamentais e constitucionais como discutido na seção anterior, e que se propagou nos livros didáticos de química daquela época. Nesse sentido:

Analisando os livros mais adotados, percebe-se que, numa aparente preocupação de não-omissão, os autores ali ensacam todos os conceitos, novos ou velhos, obsoletos ou não, sem qualquer compromisso com a tessitura de uma conexão harmoniosa. O resultado é um conjunto de regras desarticuladas que, não fazendo sentido global, levam os ‘bem-sucedidos’ para longe da verdadeira química (CAMPOS; SILVA, 1999, p.18-19).

No entanto, percebe-se a importância da classificação de ácidos quanto à presença (ou não) de oxigênio em oxiácidos e hidrácidos articulados à história desses conceitos, sendo relevante para contra-argumentar a ideia de ácido defendida por Lavoisier.

As primeiras conceituações que buscaram definir ácido e base com sua estrutura química são atribuídas a Antoine Lavoisier (1743-1794) que em seus estudos concluiu que as substâncias ácidas seriam portadoras do princípio oxigênio. Anos mais tarde, essa conceituação foi refutada por Claude L. Berthollet ao indicar que o ácido prússico (HCN) não possuía oxigênio. Contudo, por se tratar de um ácido fraco, a maior parte dos químicos da época considerou que o ácido prússico

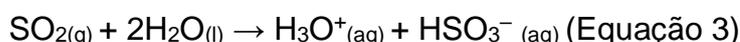
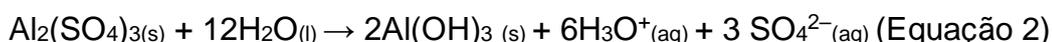
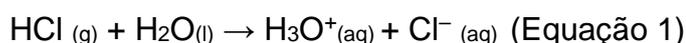
não seria um ácido verdadeiro e, portanto, mantiveram sua confiança na formulação de Lavoisier. Apenas em 1810, com a argumentação de Humphry Davy sobre análises de **hidrácidos**, esse conceito perde adeptos (NUNES *et al.*, 2016, p. 186, grifos meus).

No artigo intitulado *Ácidos Orgânicos: dos primórdios da Química Experimental à sua presença em nosso cotidiano*, Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002) misturam critérios constitucionais e comportamentais na classificação de ácidos orgânicos. Por exemplo:

A presença do grupo COOH confere aos ácidos carboxílicos, entre outras propriedades, a de serem ácidos fracos em meio aquoso e de apresentarem elevados pontos de ebulição devido à facilidade com que formam interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio (SOLOMONS, 1996; HARRIS, 1999, apud FIORUCCI, SOARES, CAVALHEIRO, 2002, p. 6).

Verifica-se uma compreensão equivocada sobre o conceito ácido e base de Arrhenius. O conceito assume aspectos constitucionais frente aos comportamentais: “ácido tem sabor azedo”, “ácidos têm oxigênio” e “ácidos têm hidrogênio”. É preciso entender como o conceito de ácido foi formulado por Arrhenius.

Em 1887, Arrhenius definiu ácido considerando sua interação com algo no desenvolvimento da teoria de dissociação eletrolítica (CAMPOS; SILVA, 1999). Esse algo que vai interagir com a espécie química a ter o seu comportamento classificado como ácido ou básico normalmente é o solvente. Entendo que essa interação é o cerne do conceito ácido-base amparado em Arrhenius, uma vez que o H ionizável pode ser oriundo da estrutura da substância ou do solvente. Para ilustrar este ponto de vista, considero as seguintes reações expressas pelas equações abaixo com base em Campos e Silva (1999):



Examinando essas reações, vemos claramente que todas são “reações com a água que produzem como íon positivo apenas hidroxônio.” Contudo, são ácidos de Arrhenius: o cloreto de hidrogênio, o sulfato de alumínio, o dióxido de enxofre e o cloro. No entanto, nas equações 2, 3 e 4 as espécies químicas classificadas como ácidos não têm H na constituição, sendo o íon hidroxônio oriundo da interação dessas espécies com a água (solvente protogênico, isto é, que vai gerar o próton H^+ ou H_3O^+). Posteriormente surgiram outras teorias ácido-base (Bronsted-Lowry, Lewis, etc.) que em grande medida são mais abrangentes que a teoria ácido-base de Arrhenius, que se limita à interação frente a água.

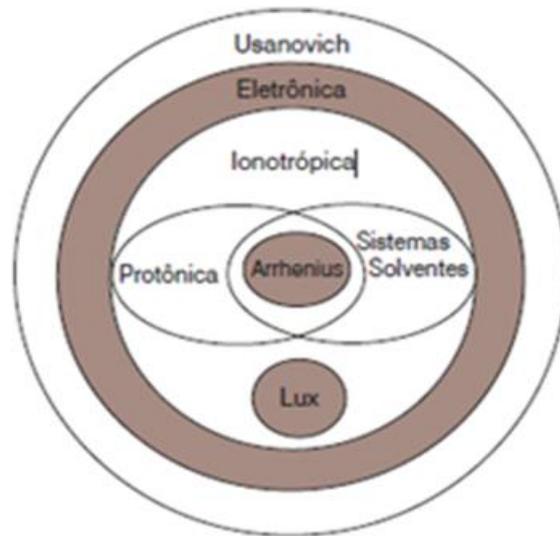
2.3 DESARTICULAÇÃO OU AUSÊNCIA DE TEORIAS ÁCIDO-BASE

Uma constatação observada em alguns trabalhos e que gerou a elaboração dessa confusão teórico-conceitual está relacionada com a ausência ou desarticulação entre as teorias ácido-base. Essa confusão teórico-conceitual remete a importância de se delimitar sobre qual tipo de teoria está sendo considerada para classificar as substâncias como ácidas ou básicas, assim como a relação entre elas: abrangências e limitações. Para Campos e Silva (1999):

Os conceitos ácido-base de Arrhenius, Bronsted, Usanovich e Lewis, diferentes em abrangência e significado, guardam entre si certa articulação. Portanto, não se pode escolher um desses, esperando assim descrever de modo racional todas as reações químicas e em qualquer solvente, nem deixar de chamar a atenção para os pontos em que os conceitos se tocam (CAMPOS, SILVA, 1999, p. 19).

Seguindo essa linha de pensamento, nota-se que o artigo intitulado *Teorias ácido-base do século XX*, de Aécio Pereira Chagas, foi o primeiro na QNEsc, a partir de 1999, a fazer a relação entre essas teorias, propondo inclusive um diagrama de Veen mostrando as relações conceituais entre as teorias ácido-base por ele apresentadas.

Figura 5 - Diagrama de Veen elaborado por Chagas, mostrando as relações conceituais entre as diferentes teorias ácido-base.



Fonte: Chagas (1999, p. 30).

A partir da análise da Figura 5, percebe-se, por exemplo, que um ácido de Arrhenius pode ser também um ácido conforme as teorias Eletrônica e Usanovich, um ponto onde os conceitos se tocam (CAMPOS; SILVA, 1999).

Pode-se notar que as teorias ácido-base foram surgindo como uma generalização da precedente, não se contrapondo frontalmente, o que é interessante. Cada uma abarca um universo próprio de reações químicas que vai se ampliando, procurando abranger cada vez mais os fenômenos conhecidos, e cada teoria antiga vai se tornando um caso particular da nova (CHAGAS, 1999, p. 30).

Um exemplo de um trabalho que apresenta desarticulação entre as teorias ácido-base é o intitulado *Solução tampão: uma proposta experimental usando materiais de baixo custo*. Nesse trabalho, Marconato, Franchetti e Pedro (2004, p. 60) propõem que, “se uma base for adicionada a um tampão, ocorrerá uma elevação da concentração dos íons OH^- no meio (uma perturbação ao equilíbrio).” Essa proposta remete à teoria ácido-base de Arrhenius, onde uma base produz íons OH^- . No entanto, mais adiante no corpo do texto, os autores sustentam a teoria ácido-base de Bronsted-Lowry:

De acordo com a teoria de ácidos e bases de Brønsted-Lowry, um ácido (HA) é uma espécie química doadora de prótons (H^+) e uma base (B) é uma espécie química aceptora de prótons. Após o ácido (HA) perder seu próton, diz-se existir como base conjugada (A^-). Da mesma maneira, uma base protonada é dita existir como ácido conjugado (BH^+)” (MARCONATO; FRANCHETTI; PEDRO, 2004, p. 60).

Verifica-se, portanto, uma confusão no uso das teorias ácido-base, quando consideram que a adição de uma base eleva a concentração de íons OH^- no meio. De forma análoga, Fatibello-Filho *et al.* (2006) em *Experimento simples e rápido ilustrando a hidrólise de sais*, percebem a mistura de teorias ácido-base (Arrhenius e Bronsted-Lowry) ao diferenciar o comportamento de um sal ácido de sal básico:

Quando os sais NH_4Cl , NH_4NO_3 , $C_6H_5NH_3Cl$ etc. são adicionados à água, há hidrólise do cátion desses sais (cátion oriundo de uma base fraca) gerando íons $H_3O^+(aq)$, tornando assim a solução ácida ($pH < 7$). Por outro lado, quando o sal é formado na reação de uma base forte ($NaOH$, $LiOH$, KOH etc.) com um ácido fraco (CH_3COOH , HF , HCN etc.), esse sal terá um caráter básico. Assim, por exemplo, o acetato de sódio ($NaOOCCH_3$) em água produz íons hidroxilas, tornando o $pH > 7$ (solução básica). Nesse caso, o ânion acetato (CH_3COO^-) se hidrolisa formando o ácido acético e íons OH^- , tornando a solução básica (FATIBELLO-FILHO *et al.*, 2006, p. 31).

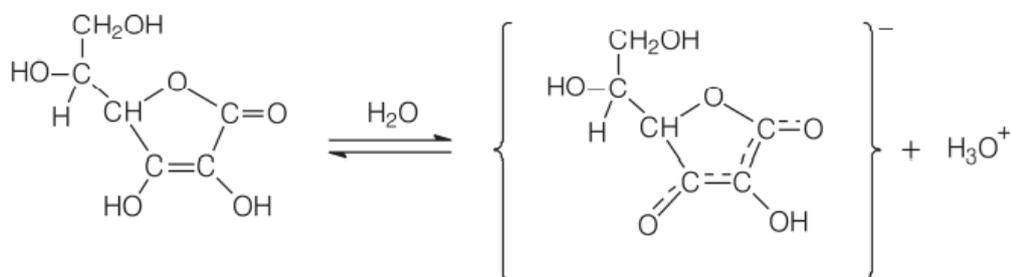
Mais adiante, estes autores comentam o comportamento de algumas espécies segundo a teoria ácido-base de Lewis, e em seguida relacionam com a produção de íons hidroxônios na produção de uma solução considerada ácida:

O cátion amônio ou cátions metálicos em solução aquosa se comportam como ácidos de Lewis (espécies capazes de receber par de elétrons)” A carga positiva sobre o cátion hidratado atrai a densidade eletrônica da ligação O-H na molécula de água (Figura 1). Assim, quanto maior a densidade de carga do cátion metálico, maior será a polaridade da ligação covalente entre o átomo de oxigênio e o átomo de hidrogênio na molécula de água que está hidratando o cátion metálico, aumentando a acidez do átomo de H (maior δ^+), facilitando dessa maneira o rompimento da ligação O-H. Quando há o rompimento dessa ligação, um próton hidratado (ion hidroxônio ou hidrônio: $H_3O^+(aq)$) é formado, produzindo uma solução ácida. (FAIBELLO-FILHO *et al.*, 2006, p. 31).

Alguns trabalhos apesar de abordar o tema ácido-base, não explicitam qual teoria estão se referindo. Um exemplo, é o artigo de Marconato e Fracchetti (2001) intitulado *Decomposição Térmica do PVC e Detecção do HCl Utilizando um Indicador Ácido-Base Natural: uma proposta de ensino multidisciplinar*. Nesse trabalho, os autores fazem por meio de uma proposta experimental com o uso do indicador natural de acidez e basicidade obtido por meio de extrato de repolho roxo a verificação da produção de ácido clorídrico na combustão do PVC, mas sem identificar qual teoria ácido-base é usada na classificação do HCl.

No artigo intitulado *Ácidos Orgânicos: dos primórdios da Química Experimental à sua presença em nosso cotidiano*, Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002) embora cite vários exemplos de ácidos orgânicos e relacionem com o cotidiano, não fazem referência sobre qual teoria ácido-base é usada por eles nessa classificação. No entanto, em outro artigo, denominado *A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos*, estes autores comentam sobre o ácido ascórbico (vitamina C): “a natureza ácida em solução aquosa deriva da ionização do grupo enólico ligado ao C-3 (pKa = 4,25), em relação ao carbono da lactona (monoéster cíclico)” (FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2002, p. 5), como mostrado na Figura 6 sem mencionar nenhuma relação com alguma teoria ácido-base.

Figura 6 – Primeira ionização do ácido L-ascórbico.



Fonte: Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2003, p. 5).

De forma análoga, no trabalho de Dias, Guimarães e Merçon (2003), apesar de usar da experimentação para demonstrar o melhor indicador natural (cenoura,

beterraba, pimentão verde, pimentão vermelho e pimentão amarelo) em termos de visibilidade, não se tratou sobre qual teoria ácido-base estaria envolvida na pesquisa, mesmo sabendo que eles usaram diferentes solventes, tais como água, álcool, acetona e dicloroetano.

Com relação à abrangência e/ou relação entre as diferentes teorias ácido-base, como o exemplo da Equação 1 inserida na seção anterior, o HCl comporta-se frente a água como ácido de Arrhenius, pois produz H^+ e/ou H_3O^+ ; ácido de Bronsted-Lowry, pois doa H^+ ; e ácido de Lewis, pois é um aceptor de par de elétrons.

Uma constatação que cabe particularmente aos periódicos brasileiros é a falta de preocupação em delimitar os conceitos trabalhados em cada proposta, mesmo problema que tende a se repetir nos livros de ensino superior e médio. Ainda sobre essa categoria analisada, ressalta-se o pequeno número de artigos abordando os conceitos de Lewis e demais conceituações (NUNES *et al.*, 2016, p.194).

De acordo com Nunes *et al.* (2016, p.190) que fizeram uma revisão sobre a abordagem de ácidos e bases em periódicos classificados nos estratos superiores do Qualis nas áreas de ensino e educação, constataram que tanto na *Química Nova* quanto na *Química Nova na Escola*, a maioria dos artigos não especifica qual a compreensão de ácidos e bases é utilizada.

Outros exemplos de artigos da QNEsc que também apresentaram esta confusão teórico-conceitual (desarticulação ou ausência de teoria ácido-base) são: *Determinação Qualitativa dos Íons Cálcio e Ferro em leite enriquecido* (JAYLEI GONÇALVES, KÁTIA C. L. ANTUNES; ALEXANDRE ANTUNES, 2001); *Chuva ácida: um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio* (MAIA *et al.*, 2005); *Química Pré-Biótica: sobre a origem das moléculas orgânicas na terra* (MARIA M. MURTA; FABIO A. LOPES, 2005); *A Corrosão na Abordagem da Cinética Química* (COSTA *et al.*, 2005); *Um Estudo Sobre a Oxidação Enzimática e a Prevenção do Escurecimento de Frutas no Ensino Médio* (CARVALHO; LUPETTI; FATIBELLO-FILHO, 2005); *Experimentos com Alumínio* (COSTA *et al.*, 2006); *A Química do Refrigerante* (ANA CARLA DA S. LIMA; JÚLIO CARLOS AFONSO, 2009); *pH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino*

Médio (MÁRJOE ANTUNES; DANIELA S. ADAMATTI; MARIA ALICE R. PACHECO; MARCELO GIOVANOLA, 2009); *Processos Físico-Químicos no Biofilme Dentário Relacionados à Produção da Cárie* (KARINA I. R. TEIXEIRA; AUDREY CRISTINA BUENO; MARIA E. CORTÉS, 2010); *Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química* (PATRÍCIA B. M. FOCETOLA *et al.*, 2012); *Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro* (DALTAMIR J. MAIA; NÁDIA SEGRE; ANDREZA C. SCATIGNO; MERCIA BREDAS STELLA, 2015); *Estudo da Solubilidade dos Gases: um experimento de múltiplas facetas* (ALINE G. NICHELE; ANDRÉIA M. ZUCOLOTTI; EDUARDA C. DIAS, 2015); *A Tecelagem Huni Kuin e o Ensino de Química* (MARIA ANTONIA M. da SILVA *et al.*, 2016); *Aprendizagem dos Conceitos de Ácidos e Bases em um Estudo Sobre a Linguagem* (GERUZA S. NASCIMENTO; BRUNO F. DOS SANTOS, 2019).

Acredito, diante do exposto, que essa quantidade significativa de artigos apresentando essa confusão teórico-conceitual (desarticulação ou ausência de teoria ácido-base) seja justificada pela maior preocupação com a contextualização ou com o uso de ferramentas didáticas, tais como experimentação e jogos didáticos, em detrimento da articulação entre as teorias ácido-base ou com a exposição de qual teoria ácido-base se aplicaria.

2.4 REAÇÃO QUÍMICA GENERALIZADA: ÁCIDO + BASE → SAL + ÁGUA

A reação generalizada entre ácido e base formando sal e água, origina-se dos estudos de Sylvius (1614-1672) quando propôs a batalha entre ácido e álcali¹⁹ no corpo humano gerando sal, logo o primeiro tipo de generalização não incluía a formação de água, mas uma reação de neutralização entre ácido e álcali formando sal.

Para além dessa contribuição, Sylvius imaginou a interação dos ácidos e das bases nos organismos vivos como uma batalha, uma vez que essas duas classes de compostos, quando em contato, produzem

¹⁹ Nesta época, as bases eram chamadas de álcalis.

efervescência e liberam calor. Às contribuições de Sylvius, seu discípulo Otto Tachenius (1610-1680) inseriu a ideia de sal como o produto de uma reação ácido-álcali, o que representou um avanço em relação à definição meramente sensorial que havia sido proposta anteriormente (GREENBERG, 2009, apud NUNES *et al.*, 2016, p.187).

Mais adiante, Jons Jacob Berzelius, propôs um sistema dualístico, considerando a ideia de que o sal seria formado pela união de um ácido com uma base (NUNES, *et al.*, 2016).

Campos e Silva (1999) chama atenção para a regra ácido + base → sal + água, ela não se aplica para todas as reações ácido-base. “Ela só funciona para os ácidos protonados reagindo com óxidos ou hidróxidos iônicos em meio anidro. Em meio aquoso ela não funciona” (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 21). Neste sentido, sabe-se que:

Os solventes não-protônicos ou APRÓTICOS, ou seja, os que não revelam tendências nem como fortes doadores de prótons nem como fortes receptores de prótons, podem agir como solventes diferenciadores tanto para bases como para ácidos. Em tais casos, o solvente serve principalmente como meio de suspensão para os solutos, sendo extremamente reduzida sua participação nas reações químicas que se desenrolam em seu seio (SISLER, 1969, p. 11).

Sisler (1969), em seu livro intitulado *Química dos Solventes Não-Aquosos*²⁰, coloca em evidência a discussão em torno do comportamento dos ácidos. Para discutir este aspecto, no que se refere aos ácidos, utiliza a amônia líquida como um solvente nivelador, “desde que nêle todos os ácidos fortes são nivelados, em acidez, ao íon amônio NH_4^+ , fracamente ácido” (SISLER, 1969, p.11).

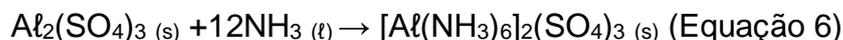
De forma análoga, o ácido acético também pode ser considerado como um solvente nivelador em relação às bases, uma vez que ele reage completamente com a maior parte das bases comuns (SISLER, 1969). Entre elas, destacam-se CN^- , OH^- , $^-\text{OC}_2\text{H}_5$ e NH_2^- , nivelando-as ao CH_3COO^- . No entanto, solventes fortemente básicos,

²⁰ Este clássico livro apresenta aos alunos dos cursos pré-universitários alguns conceitos essenciais de Química fazendo relações com as características físico-químicas de um solvente com os processos químicos nesse solvente e o uso de um determinado líquido como solvente. O autor, Harry H. Sisler, trata com detalhes alguns solventes tais como amônia líquida, ácido sulfúrico 100%, tetróxido de nitrogênio e dióxido de enxofre.

como a amônia líquida citada anteriormente, atuam como solventes de diferenciação frente às bases. Tomemos, por exemplo, com base em Sisler (1969) a reação a seguir:



De acordo com a reação acima, o que se observa, é que ácido perclórico (HClO_4), reage quase que completamente quando dissolvido em ácido acético, “mas no mesmo solvente o ácido sulfúrico e o clorídrico se comportam como eletrólitos fracos” (SISLER, 1969, p. 11). Tais aspectos apontados por Sisler (1969), reforçam a discussão em torno da confusão teórico-conceitual vinculada a equivocada generalização da reação ácido + base \rightarrow sal + água. Campos e Silva (1999), ao utilizarem como exemplo (sempre em meio anidrido), a amônia líquida com o sulfato de alumínio sólido, comentam que nessa reação forma apenas um sal conforme mostra a equação a seguir:



Ou seja, de certa forma, o íon Al^{3+} complexa a amônia e forma apenas o sal; e não, sal e água conforme ilustra Campos e Silva (1999).

Silva (2001) em artigo intitulado *Explorando as bases matemáticas da volumetria: uma proposta didática*, relaciona a reação de neutralização ácido-base como exemplo de aplicação de uma função de primeiro grau. Nesse sentido, comenta:

De forma bem sucinta, podemos considerar ácidos e bases como substâncias que têm um comportamento característico quando dissolvidos em água (solução aquosa). O ácido, nesta condição, reage com a água, produzindo íons hidrônio (H_3O^+), enquanto a base se dissocia, liberando íons hidróxido (OH^-). Esses íons (H_3O^+ e OH^-) combinam-se quimicamente para formar água, o que significa que a presença de um ácido e uma base juntos, em solução aquosa, resulta em uma neutralização recíproca, a qual produz água (H_2O) (SILVA, 2001, p. 14).

Neste artigo, Silva (2001) considera apenas a teoria ácido-base de Arrhenius para explicar a reação de neutralização ácido-base, visto que esse tipo de reação, que ocorre em meio aquoso, é a exemplificada no referido artigo. No entanto, no mesmo artigo Silva (2001) não faz nenhuma menção que isso só ocorre em solventes próticos.

Ou seja, Silva (2001), assim como outros autores “não levam em conta essa distinção vital” (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 20). Por exemplo: “um sal é formado em uma reação entre um ácido e uma base (reação de neutralização)” (FATIBELLO-FILHO *et al.*, 2006, p. 30).

Silva *et al.* (2014), em trabalho publicado na revista *Química Nova na Escola, Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”*, também discutem sobre o erro comum em sala de aula que envolve esta confusão teórico-conceitual: é comum ouvir dos estudantes e professores que o sal é resultante da neutralização de um ácido por uma base, mesmo em soluções aquosas. Eles exemplificam com a reação do ácido clorídrico (HCl) com o hidróxido de sódio (NaOH) e discutem da seguinte forma:

Evidentemente podemos cancelar os íons cloreto e sódio, o que nos leva a concluir que o único produto da neutralização de um ácido forte por uma base forte é a água como definiu o próprio Arrhenius (1904). E quanto ao sal? Basta remover a água e serão obtidos cristais de cloreto de sódio, que não é produto de nenhuma reação química, mas sim de um processo de evaporação do solvente, uma vez que os íons sódio e cloreto já estavam presentes na solução (ARRHENIUS, 1904, apud SILVA *et al.*, 2014, p. 266).

Percebe-se a preocupação dos autores em trazer a discussão em torno do comportamento ácido-base em uma reação de neutralização, envolvendo espécies consideradas ácido-base fortes em solução aquosa conforme os conceitos ácido-base atribuídos a Arrhenius.

Problemas conceituais envolvendo reações entre ácidos e bases também foram identificados na literatura, pois muitos estudantes consideram que o produto dessas reações são sempre soluções neutras, independentemente da natureza e da quantidade de ácidos e bases que reagem entre si (PAIK, 2015).

Outros trabalhos que também apresentam esta confusão teórico-conceitual são: *Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica* (BRUNA SILVA; MÁRCIA REGINA CORDEIRO; KEILLA B. KILL 2014, p.

29); *Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a “Força” dos Ácidos* (EDUARDO ZAPP *et al.*, 2015) e *Aprendizagem dos Conceitos de Ácidos e Bases em um Estudo Sobre a Linguagem* (GERUZA S. NASCIMENTO; BRUNO F. SANTOS, 2019).

2.5 FALTA DE CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com Campos e Silva (1999), a Química tem-se apresentado como uma disciplina de difícil compreensão entre os alunos, devido à falta de contextualização teórico-conceitual. Visando exemplificar seus pontos de vistas, estes autores problematizam um exemplo do livro do Feltre quando comentam que:

Um aluno do meio rural não compreenderia por que Feltre chama o carbonato de cálcio de sal neutro, pois ele sabe que o calcário combate a acidez dos solos! Dessa maneira, o estudo torna-se apenas um jogo de regras que, arbitrárias e alienadas do universo do estudante, não contribuem para que ele possa, ultrapassando o senso comum, alcançar uma visão racional do mundo físico (FELTRE, 1977, 1982, 1994, apud CAMPOS; SILVA, 1999, p. 21).

O que se percebia em alguns livros didáticos antigos²¹, segundo Campos e Silva (1999, p.18-19), é “numa aparente preocupação de não omissão, os autores ali ensacam todos os conceitos, novos ou velhos, obsoletos ou não, sem qualquer compromisso com a tessitura de uma conexão harmoniosa.” No entanto, essa é uma observação que tem mais de vinte anos, e observa-se que a incidência de artigos que apresenta esta confusão teórico-conceitual diminuiu ao longo do tempo.

Nunes *et al.* (2016, p.190) fizeram uma revisão sobre a abordagem de ácidos e bases em periódicos classificados nos estratos superiores do Qualis nas áreas de ensino e educação, incluindo a *Química Nova na Escola (QNEsc)* e constataram que entre os anos, de 1995 a 2014, nesta revista:

²¹ Campos e Silva analisaram livros didáticos de sua época, em 1999. No entanto, no capítulo 3, será realizada uma análise dos livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018, de modo a verificar o que mudou nos livros didáticos de química em aproximadamente 20 anos.

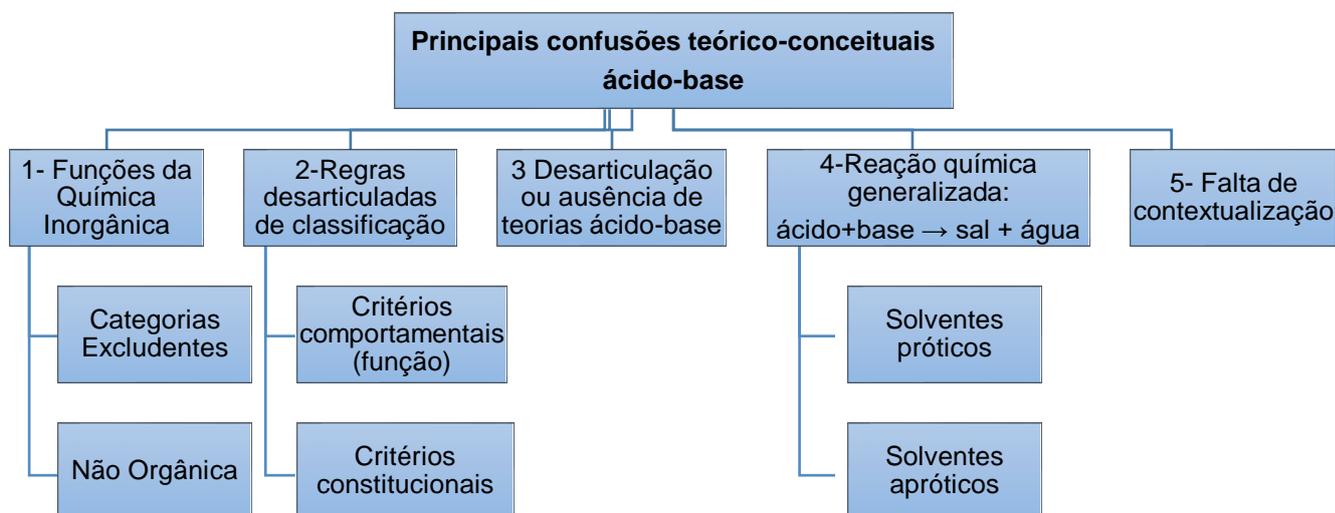
Sem dúvida, uma situação ideal para o ensino da Química seria o desenvolvimento dos conceitos a partir da observação e participação dos alunos em aulas experimentais, permitindo que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e, assim, possam ser capazes de julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e de tomar decisões autônoma e responsabilmente, enquanto indivíduos e cidadãos (DIAS; GUIMARÃES; MERÇON, 2003, p. 27).

Além disso, diversas estratégias de ensino desses conceitos foram verificadas, como a experimentação, jogos didáticos, entre outros, que não ocorriam antes da publicação de Campos e Silva (1999). É o que se pode perceber, por exemplo, a partir do trabalho de Maia *et al.* (2005), quando consideram que a proposta de experimento envolve um contexto socioambiental com profícuas discussões sobre chuva ácida, para introduzir os conceitos de acidez e basicidade no Nível Médio.

Nesse sentido, são poucas as propostas que buscam discutir aspectos sociais, econômicos e tecnológicos envolvendo a influência que os ácidos e as bases exercem sobre esses aspectos (NUNES *et al.*, 2016). Ademais, o ensino das definições de ácido e base pautado meramente pela transmissão linear – Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis – sem uma devida atenção, pode levar estudantes a memorizar tais definições (CLEUZANE R. SOUZA; FERNANDO C. SILVA, 2018), contribuindo para a continuidade das confusões teórico-conceituais.

No entanto, a abordagem da Química, “embora às vezes “maquiada” com uma aparência de modernidade, continua com a mesma essência, pois a informação priorizada costuma ser totalmente “desligada” da realidade vivida pelos alunos” (DIAS, GUIMARÃES; MERÇON, 2003, p. 27). Ou seja, mesmo que se utilize diferentes estratégias de ensino, e até contextualize esses conceitos, é fundamental ter clareza das relações que eles envolvem, de modo a desfazer essas confusões teórico-conceituais identificadas na literatura e sistematizadas conforme proponho na Figura 7.

Figura 7 – Sistematização das principais confusões teórico-conceituais ácido-base.



Fonte: Elaboração própria.

2.6 SOBRE OS TRABALHOS PUBLICADOS NA QNESC

Sobre os artigos analisados sobre ácido-base publicados na QNEsc entre 1999-2019, observa-se que do total de 37 artigos, 24 foram publicados na primeira década (1999-2009), e apenas 13 na segunda (2010-2019). Isso corresponde a 64,9% na primeira década e 35,1% na segunda década. Isso evidencia uma queda significativa, de uma década para outra, de aproximadamente metade desses trabalhos publicados. Esse dado pode ser explicado, pela possível saturação ou esgotamento de trabalhos com esse tema (ácido-base); porém, o que esta pesquisa aponta é que o problema da perpetuação das confusões teórico-conceituais persiste tanto nos periódicos da área de ensino de Química quanto em eventos nacionais.

Em relação aos trabalhos envolvendo cada confusão teórico-conceitual, é importante salientar que, conforme o Quadro 3, alguns artigos apresentaram mais de uma dessas confusões, e outros nenhuma delas.

Quadro 3 - Categorização dos artigos selecionados sobre ácidos e bases publicados na QNEsc.

Categorização dos artigos selecionados sobre ácido-base publicados na QNEsc					
Primeira década: 1999-2009.					
Número do artigo	Confusão 1: Função Inorgânica	Confusão 2: Regras desarticuladas de classificação	Confusão 3: Desarticulação ou ausência de Teorias ácido-base	Confusão 4: Reação generalizada ácido+base→sal+água	Confusão 5: Falta de contextualização
1	X	X	X	X	X
2	X				X
3	X	X			
4				X	
5			X		
6			X		
7	X	X	X		
8			X		
9			X		
10			X		
11			X		
12			X		
13			X		
14			X		
15			X		
16			X	X	
17					
18					
19					
20					
21					
22		X			
23			X		
24			X		
Segunda década: 2010-2019.					
25					
26			X		
27					
28	X		X		
29	X			X	
30	X			X	
31			X		
32	X			X	
33			X		
34			X		
35					
36					
37			X	X	

Fonte: Elaboração própria.

Com relação à incidência da primeira confusão teórico-conceitual (ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica?), foram publicados 4 artigos em cada década, observando, portanto, que não houve avanço nesse sentido, e se considerar

que na primeira década o número de artigos publicados (24) foi quase a metade dos publicados na segunda (13), então posso inferir que a propagação dessa confusão é ainda mais significativa, pois não houve declínio. Isso implica que, ainda não há clareza em relação à sistematização dos conceitos ácido-base quanto aos dois desdobramentos dessa confusão: o primeiro é mistura de critérios comportamentais e constitucionais na identificação das funções da Química Inorgânica; e o segundo consiste em considerar ácido e base como classificação da Química Inorgânica, excluindo os compostos da Química Orgânica.

Acredito que a permanência dessa confusão teórico-conceitual se deve à falta de clareza e discussão sobre o que é uma função química. Vale notar que o grupo funcional está vinculado tanto à composição quanto ao comportamento. Em outras palavras:

O grupo funcional é um átomo, ou um grupo de átomos que possui propriedades químicas semelhantes sempre que ocorre em compostos diferentes. Ele define as propriedades físicas e químicas características das famílias de compostos orgânicos (PAC, 1994, p.1077).²²

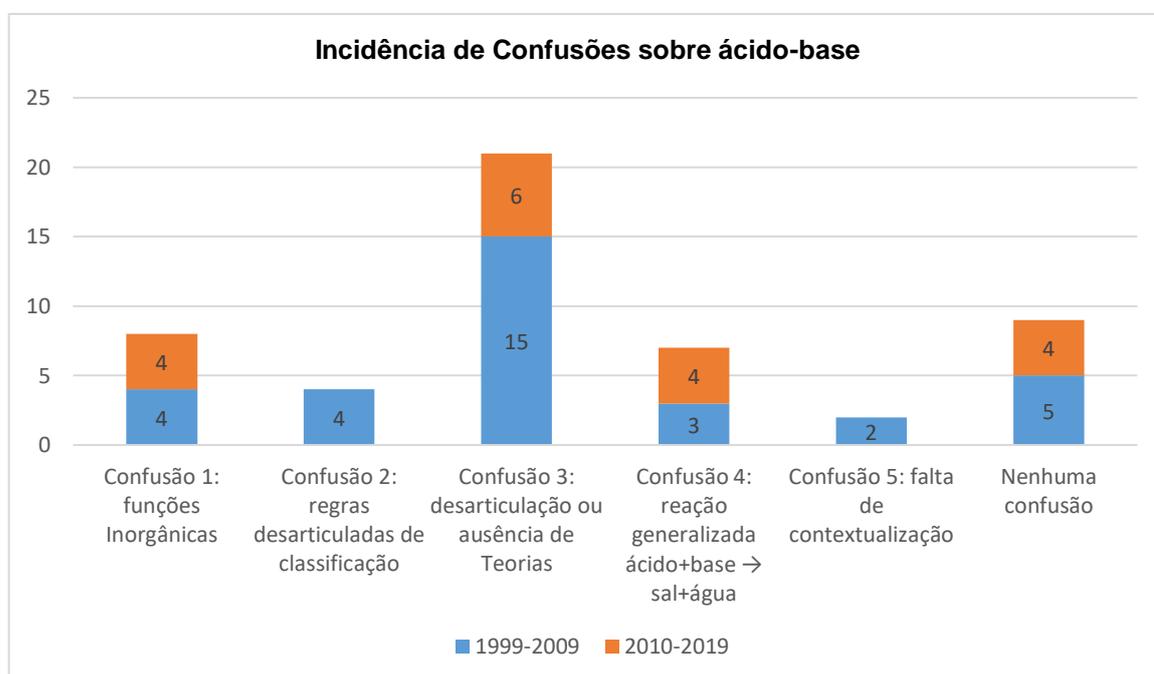
No entanto, o que se percebe na prática, é que a identificação de uma função orgânica está mais relacionada com o critério constitucional. Por exemplo, a função álcool é identificada pela existência de uma hidroxila (OH) ligada a um carbono saturado. Enquanto, na prática da função inorgânica envolve uma mistura de critérios comportamentais e constitucionais como discutido anteriormente.

Diferentemente do que ocorreu na análise da primeira confusão, na segunda confusão – regras desarticuladas de classificação – verificou-se a publicação de apenas 4 artigos na primeira década. Não havendo publicação envolvendo essa confusão na segunda década, evidencia a não propagação dessa confusão nesse periódico.

²² Glossário de termos usados em química orgânica física (Recomendações IUPAC 1994). <https://doi.org/10.1351/goldbook.F02555>.

A terceira confusão teórico-conceitual - desarticulação ou ausência de teorias ácido-base – teve maior incidência entre as confusões, conforme observado na Figura 8. Na primeira década, 15 artigos envolveram essa confusão e 6 na segunda década. Isso mostra que apesar de ocorrer um declínio de propagação dessa confusão, o número de artigos envolvendo essa confusão na segunda década (6) ainda é significativo. Isto é preocupante, pois evidencia que não se identifica ou não se distingue com clareza que teoria ácido-base é usada na fundamentação teórica de alguns desses trabalhos. Em alguns deles, percebe-se que esse não é o objetivo, muitas vezes, a preocupação é mostrar uma ferramenta didática, ou contextualização, deixando ausente as teorias ácido-base que se pretendia abordar.

Figura 8 - As confusões sobre ácido-base na QNEsc em duas décadas.



Fonte: Elaboração própria.

No que se refere a quarta confusão teórico-conceitual - reação química generalizada: ácido + base → sal + água – constatou-se um aumento de uma década para outra, sendo 3 artigos envolvendo essa confusão na primeira década e 4 na segunda década. Este fato denota que ainda se propaga a ideia de que toda reação

ácido-base forma como produto sal e água, o que foi tratado anteriormente como equívoco, pois depende da natureza do solvente (prótico ou aprótico).

A quinta confusão teórico-conceitual – falta de contextualização – só dois artigos da primeira década foram identificados nesta categoria, o artigo de Campos e Silva (1999), onde o foco deles não era contextualizar, mas identificar os problemas em torno dos conceitos ácido-base em relação às funções da química inorgânica; e o artigo de Chagas (1999) que aborda uma síntese das definições ácido-base e a relação entre elas. Percebeu-se que posterior ao ano de 1999 as publicações envolvendo o tema ácido-base trouxeram alguma contextualização, por exemplo, com o contexto de chuva ácida, acidez do solo, ou contexto envolveu alguma fermenta didática, por exemplo, um jogo, um experimento envolvendo extratos de flores, e assim por diante.

Alguns textos selecionados da QNEsc não apresentaram nenhuma dessas confusões teórico-conceituais, a saber: *A Chuva ácida na perspectiva de tema social: um estudo com professores de química* (JULIANA C. COELHO; CARLOS A. MARQUES, 2007); *Padronização de Soluções Ácidas e Básicas Empregando Metais do Cotidiano* (WILLIAN T. SUAREZ; LUIZ H. FERREIRA; ORLANDO FATIBELLO-FILHO, 2007); *Investigando Componentes no Leite em uma Atividade Interativa* (KÁTIA ZUTIN; JOSELY K. OLIVEIRA, 2007); *Ácidos Carboxílicos e Sobrevivência: uma experiência de sala de aula* (HEBE R. C. PEIXOTO; ANDRÉIA R. OLIVEIRA, 2007); *Variação de pH em Água Mineral Gaseificada* (LUIZ H. FERREIRA; DÁCIO R. HARTWING; RICARDO C. OLIVEIRA; 2008); *O que é uma Gordura Trans?* (FÁBIO MERÇON, 2010); *Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais* (CARLOS A. F. OLIVEIRA; JOÃO B. R. FILHO; LILIANE R. DE ANDRADE, 2011); *Discutindo o contexto das definições de ácido e base* (CLEUZANE R. SOUZA; FERNANDO C. SILVA, 2018a); *Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base* (CLEUZANE R. SOUZA; FERNANDO C. SILVA, 2018b).

Alguns artigos escolhidos, por mais que em seu título não demonstrem como foco a discussão dos conceitos ácido-base, por exemplo, *A Corrosão na Abordagem da Cinética Química* (THIAGO SANTANGELO COSTA *et al.*, 2005), foi selecionado por

conta do resumo que cita o meio ácido, poderia ter comentado sobre ácido-base, situando qual teoria se refere, e o que se observa é a ausência de uma teoria ácido-base. Além disso, pode-se propagar a ideia de que todo ácido é corrosivo, gerando mais uma confusão teórico-conceitual que não foi destacada.

2.7 ANÁLISE SOBRE ÁCIDO-BASE EM OUTROS TRABALHOS

Fazendo uma breve análise de trabalhos sobre ácido-base em outros periódicos e eventos da área de Ensino de Química, notou-se a utilização de diversas ferramentas didáticas, sobretudo, jogos didáticos, para o ensino desses conceitos que em sua maioria estavam vinculados ao ensino das funções inorgânicas. Verificando assim a propagação da primeira confusão teórico-conceitual. Seguem exemplos de forma cronológica entre 2012 e 2017 – um recorte da segunda década.

Com o intuito de facilitar a compreensão dos alunos sobre o tema “funções inorgânicas”, o trabalho intitulado *Baralho de funções inorgânicas, uma atividade lúdica no aprendizado da química*, realizado por Castro *et al.* (2012) consistiu em produzir um baralho e aplicá-lo em uma turma de 24 alunos do 2^a ano em uma escola estadual de Caucaia, Ceará. Nesse sentido:

O baralho foi confeccionado com materiais de baixo custo. O jogo possui 21 cartas, divididas em quatro conjuntos de cinco cartas e um coringa. Cada conjunto é representado por características das diferentes **funções inorgânicas: ácidos, bases, sais e óxidos**. Em cada conjunto as cartas foram numeradas de 1 a 4, representando cada grupo de função inorgânica, e as cinco cartas de cada função ilustram o seu respectivo nome, definição, sabor, molécula e imagem ilustrativa que caracteriza a função (CASTRO *et al.*, 2012, p.1, **grifos meus**).

Figura 9 - Cartas do Baralho sobre funções inorgânicas.



Fonte: <http://www.abq.org.br/simpequi/2012/trabalhos/91-13300.html>

De acordo com os autores, o uso do jogo envolveu a participação efetiva dos alunos durante a aula, promovendo uma melhoria significativa do conhecimento em torno do tema em relação à disciplina, mostrando ser uma excelente ferramenta para atuar como elemento facilitador do complexo processo de ensino-aprendizagem.

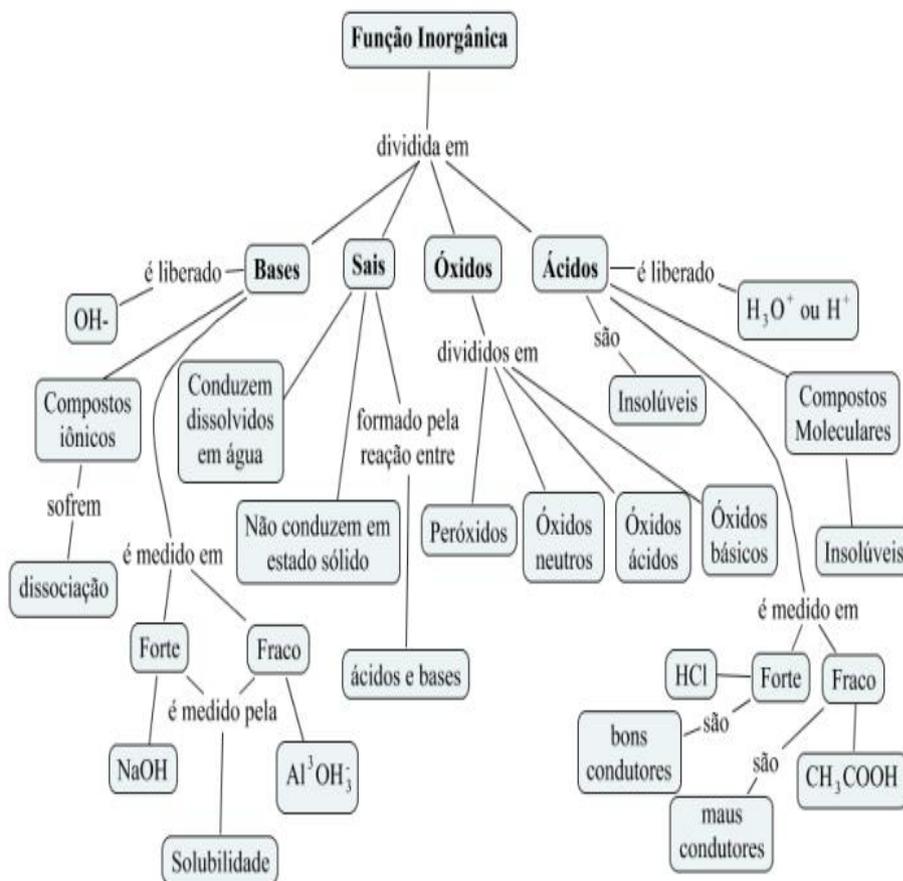
Beber *et al.* (2013), em estudo denominado *Mapas conceituais: uma estratégia para verificar a aprendizagem dos conceitos de funções inorgânicas*, publicado nos anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências em 2013, buscou discutir o conteúdo “funções inorgânicas” em uma turma de 22 estudantes do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Paraná, a partir do uso de mapas conceituais e com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 2011; MOREIRA; MASINI, 2001). Para Moreira (2011, p. 49), os mapas conceituais “são diagramas conceituais hierárquicos que destacam conceitos de um certo campo conceitual e relações entre eles.”

Nesse sentido, os mapas conceituais “apresentam uma relação hierárquica, onde os conceitos mais gerais ficam no topo da hierarquia e os mais específicos na base” (BEBER *et al.*, 2013, p. 2). Este trabalho foi realizado em 7 etapas: (a) teste de condutividade elétrica de diferentes substâncias relacionadas às funções inorgânicas

– ácido, base e sais; (b) elaboração de relatório referente a prática experimental; (c) conceitos científicos referentes as “funções inorgânicas”; (d) resolução de exercício e situações problemas; (e) prática experimental envolvendo sais e óxidos; (f) avaliação escrita; (g) construção de mapas conceituais relacionados ao tema funções inorgânicas, ácidos, bases, sais e óxidos (BEBER *et al.*, 2013).

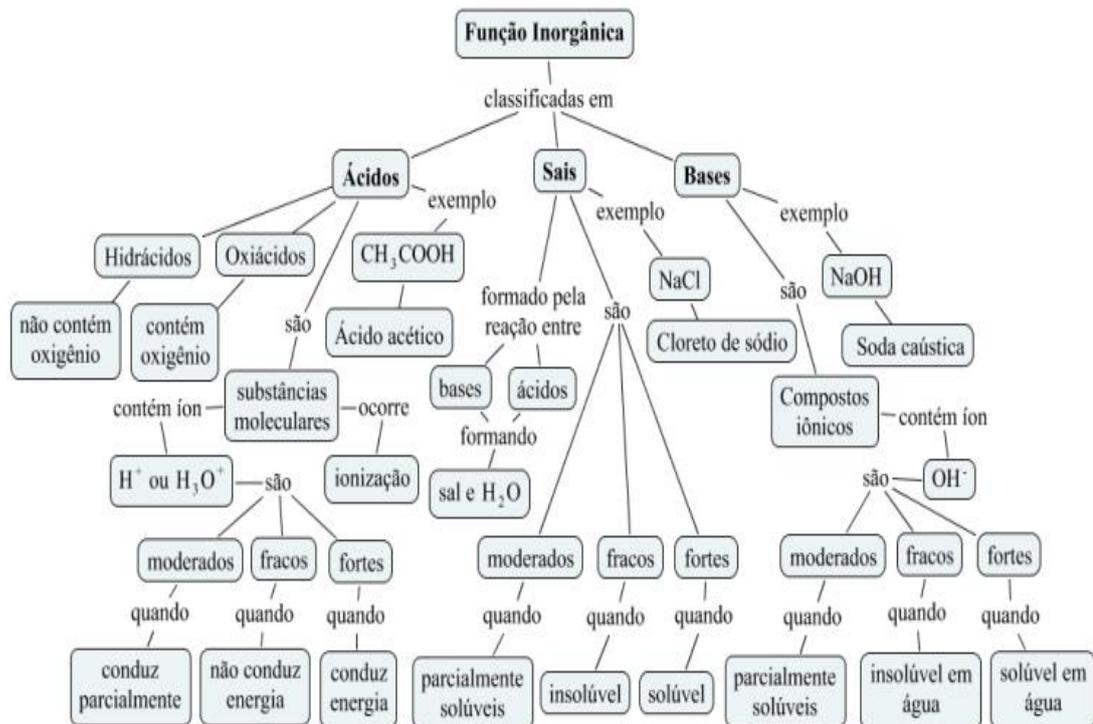
A partir disso, foram produzidos os seguintes mapas conceituais:

Figura 10 – Mapa conceitual 1: ácido, base, sais e óxidos - quatro funções inorgânicas.



Fonte: Beber *et al.* (2013, p. 6).

Figura 11 – Mapa Conceitual 2: ácidos, bases e sais - três funções inorgânicas.



Fonte: Beber *et al.* (2013, p. 7).

Frente aos resultados obtidos, quatro aspectos chamaram bastante a atenção dos autores: (1) a elaboração de mapas conceituais construídos pelos alunos considerando os termos ácido, base, sal e óxido como sendo “funções inorgânicas”; (2) outro ponto, consistiu em considerar que tais “funções inorgânicas” estão dispostas um mesmo nível hierárquico de conceitos; (3) sais como produtos da reação entre ácidos e bases; (4) outro dado relevante é que nos mapas conceituais aparecem a palavra “liberar” relacionadas aos termos ácido e base na liberação de íons H^+ e OH^- respectivamente.

Ou seja, verifica-se claramente o uso indiscriminado dos termos ácido, base, sal e óxido como funções inorgânicas. Além disso, destacam-se: (1) o caráter constitucional; (2) a reação generalizada equivocada: ácido + base forma sal e água e (3) o uso do termo “liberar” íons H^+ e OH^- como características intrínsecas as substâncias ácidas e básicas.

As mesmas confusões teórico-conceituais também são evidenciadas em outros trabalhos. Por exemplo, no trabalho de Gisele A. da Rocha de Oliveira, Liliane Silveira Rezende, Maria Carminati Lima e Márcia Luzia Michels (2015) intitulado *Funções Inorgânicas – uma metodologia lúdica para o Ensino Médio*, publicado na *Revista Cadernos Acadêmicos*, as autoras adaptam o jogo UNO²³ para o ensino de “funções inorgânicas.” Este trabalho foi realizado por meio de um levantamento bibliográfico ancorado em livros, artigos científicos e acesso à internet, relacionados a jogos no ensino de Química Inorgânica.

O jogo didático foi utilizado em uma turma do 2^a ano do Ensino Médio, em uma escola pública, tendo como objetivos: “auxiliar os alunos na construção de fórmulas químicas; escrever a nomenclatura das funções inorgânicas; **classificar as substâncias químicas, identificando a categoria a qual pertencem**” (GISELE A. DA ROCHA DE OLIVEIRA; LILIANE SILVEIRA REZENDE; MARIA CARMINATI LIMA; MÁRCIA LUZIA MICHELS, 2015, p.57, grifos meus). A ideia principal do jogo²⁴ “é fazer com que os alunos saibam reconhecer as quatro funções inorgânicas.”

Para as autoras, “funções inorgânicas são grupos de substâncias em que se classificam os compostos que não contém carbono”, de maneira que elas “estão organizadas em quatro (04) categorias: ácidos, bases, sais e óxidos” (GISELE A. DA ROCHA DE OLIVEIRA; LILIANE SILVEIRA REZENDE; MARIA CARMINATI LIMA;

²³ “Para iniciar o jogo, cada jogador recebe quatro cartas, distribuídas uma a uma com movimento anti-horário pelo aluno de menor idade ou maior (ou outro critério), e o restante das cartas ficam reservadas para futuras compras. O aluno que começa a comprar é o que está à direita de quem as distribuiu. A primeira carta é virada para que o 1º jogador comece o jogo; se for uma substância cuja função é base, por exemplo, apenas cartas de base podem ser jogadas; ou do mesmo número, porém com função inorgânica diferente. Caso o jogador não tenha uma carta em mãos para seguir a jogada anterior, ele poderá utilizar uma carta de ação, como, por exemplo, a carta +2 com a mesma substância, fazendo com que o 2º jogador tenha que comprar duas cartas, mesmo tendo a substância solicitada. Há também a carta +4, que possui as quatro substâncias (esta carta tem função semelhante ao “coringa” em jogo de cartas) e obriga o próximo jogador a comprar 4 cartas. A carta bloqueio impede que o próximo jogador execute sua jogada, cedendo a vez para o jogador posterior a ele. Já a carta Revez faz com que o jogo troque o sentido, retornando ao jogador que acabou de jogar. O jogador deve dizer Lavoisier quando restar apenas uma carta em suas mãos (no jogo UNO, a regra é dizer UNO). Para ganhar o jogo, o educando deve descartar todas as cartas da sua mão” (GISELE A. DA ROCHA DE OLIVEIRA; LILIANE SILVEIRA REZENDE; MARIA CARMINATI LIMA; MÁRCIA LUZIA MICHELS, 2015, p. 61).

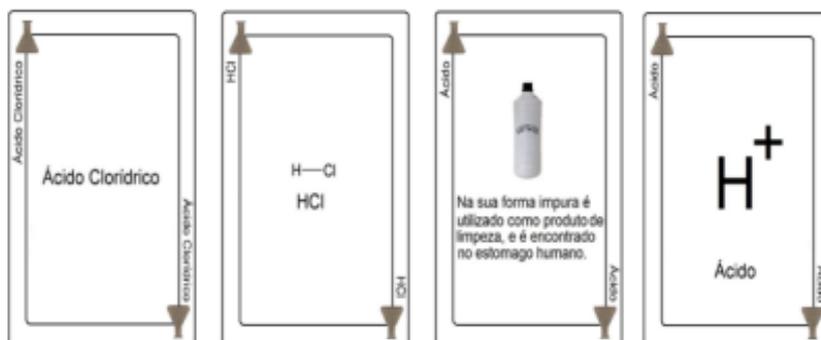
²⁴ De acordo com Cunha (2004, p.17): “Os jogos são indicados como um tipo de recurso didático educativo que podem ser utilizados em momentos distintos, como na apresentação de um conteúdo, ilustração de aspectos relevantes ao conteúdo, como revisão ou síntese de conceitos importantes e avaliação de conteúdos já desenvolvidos.”

MÁRCIA LUZIA MICHELS, 2015, p. 56). Sobre este ponto, a pergunta que eu coloco é: Como deveriam ser classificadas substâncias como CO, CO₂, H₂CO₃ (dentre tantas outras substâncias), já que elas têm C em sua composição e são considerados como inorgânicos? Observa-se, aqui, a falta de clareza conceitual.

Em outro trabalho, intitulado *Ensino de Química: Baralho das Funções Inorgânicas*, Santos *et al.* (2016, p. 1) argumentam que o uso do jogo “Baralho das Funções Inorgânicas”²⁵ podem “auxiliar a compreensão deste conteúdo, trabalhando as funções químicas: ácido, base, sais e óxidos.” Neste sentido:

O jogo é composto por 112 cartas adaptadas de um baralho tradicional, das quais são apresentadas em três naipes, divididos em: nomenclatura das funções, fórmula estrutural e aplicabilidade. No jogo há também 8 cartas “coringa”, que substituem uma das três categorias na combinação de funções. **Os naipes são divididos em quatro conjuntos relacionados a ácidos, bases, sais e óxidos** (SANTOS *et al.*, 2016, p. 1, grifos meus).

Figura 12 - Naipes e coringa da função Ácido.



Fonte: Santos *et al.* (2016).

Ainda, acrescentam que as “funções relacionadas à base, aos sais e aos óxidos, cada qual em sua categoria, possuem duas cartas “coringas” específicas,

²⁵ Nesta perspectiva, o “Baralho das Funções Inorgânicas tem como regras: a distribuição igualitária de cartas entre os participantes, sendo no mínimo de 3 e no máximo 9 por jogador, que deverão ser analisadas, descartadas e/ou adquiridas junto ao monte de cartas, até que seja formado um trio/trincas de combinações possíveis com as funções apresentadas” (SANTOS *et al.*, 2016, p. 1).

cada” (SANTOS *et al.*, 2016, p. 1). Assim, como ocorreu nos trabalhos anteriores, os autores consideram ácido, base, sal e óxido como funções da química inorgânica.

Em evento intitulado, X Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, Silva e Fonseca (2016) apresentam o trabalho *A Ludicidade como possibilidade de Mediação para o desenvolvimento das Funções Cognitivas Superiores*, com o intuito de investigar um instrumento mediador, o jogo de cartas “QUIMMASSA.”²⁶ Segundo os autores, este instrumento pode melhorar a compreensão das “funções da química inorgânica” concomitante com o desenvolvimento das funções cognitivas superiores apresentados em Vigotski (2007). “Trata-se de um jogo de interpretação repleto de desafios, onde os alunos são protagonistas e tomadores de decisões” (SILVA; FONSECA, 2016, p. 3). Neste trabalho, foram desenvolvidas com os alunos as seguintes etapas:

Responderam a um questionário sobre química orgânica contendo 5 questões de múltipla escolha (10 min). - Assistiram a uma aula de 30 min ministrada pelos autores sobre as funções inorgânicas. A aula versou sobre as **propriedades das 4 funções inorgânicas (ácidos, bases, sais e óxidos)**, tomando todas as substâncias presentes no jogo didático como exemplo. Apenas o quadro e o marcador foram utilizados. - Foram separados em 4 grupos de 6 alunos e receberam as instruções do jogo (10 min). - Jogaram sob a supervisão dos 2 autores do trabalho e mais 1 auxiliar (30 min). - Responderam ao mesmo questionário de avaliação aplicado no início da aula (10 min). - Responderam a um questionário de satisfação do jogo (10 min) (SILVA; FONSECA, 2016, p. 3, grifos meus).

Sem o conhecimento prévio do conteúdo, o jogo educativo foi aplicado em duas turmas de 1ª ano do Ensino Médio com 24 alunos. De acordo com os autores, o jogo foi escolhido por se tratar de um tema que apresenta uma variedade de conceitos de química e aplicações cotidianas. “O jogo fornece, portanto, oportunidades para que o professor aborde conceitos relacionados com tipos de ligações químicas, reações químicas, estrutura molecular, tabela periódica” (SILVA; FONSECA, 2016, p. 6). Aqui, pode-se observar uma cota de pensamento em direção a perspectiva de que o estudo

²⁶ O “QUIMMASSA”, a abreviação de “química” e refere-se à expressão regional “que massa!”

de um conceito pressupõe a relação com outros conceitos. Ainda, com este trabalho, concluiu-se que:

O jogo educativo “QUIMMASSA” serviu como uma ferramenta pedagógica no ensino de química, pois aborda sistematicamente fórmulas moleculares, nomes IUPAC e diversas características das substâncias inorgânicas (ácidos, bases, óxidos e sais) de forma dinâmica e prazerosa (SILVA; FONSECA, 2016, p. 8).

Neste trabalho, assim como nos trabalhos anteriores, os autores consideram claramente os termos ácido, bases, sais e óxidos como “funções ou substâncias da química inorgânica”. Apesar dos resultados apontarem, segundo os autores, que o jogo ajudou os estudantes na compreensão das definições da química inorgânica; em nenhum momento, apresentam uma definição sobre o que vem a ser “funções da química inorgânica”. Ou o que a literatura química entende por funções da química inorgânica. De forma simplista, tal classificação é dada aos alunos em função das suas propriedades.

Em evento intitulado XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Silva, Brito e Barbosa (2016) apresentam o trabalho *Bingo Químico das funções inorgânicas: uma proposta lúdica para a verificação da aprendizagem de conteúdos de Química*. O objetivo do Bingo Químico não foi permitir a memorização das “funções inorgânicas”, mas oferecer ao aluno uma forma de se familiarizar com as nomenclaturas e adquirir os conhecimentos básicos da Química (SILVA; BRITO; BARBOSA, 2016).

A procedência do jogo é idêntica a de um bingo convencional, sendo que ao invés de serem cantados os números sorteados do globo, canta-se o nome do **ácido, da base, do sal, do óxido** ou do íon sorteado e se caso na cartela que o aluno recebeu tiver o símbolo (fórmula molecular) do ácido, das bases, do sal, do óxido ou do íon sorteado, ele faz uma marcação. O jogo termina quando há preenchimento total da cartela ou de acordo com as condições de jogo que o professor/aplicador escolher (SILVA; BRITO; BARBOSA, 2016, p. 1, grifos meus).

Ou seja, o que se observa no texto é o aspecto distintamente constitucional ao invés do comportamental/reacional, ao considerar a fórmula molecular no jogo. No entanto, o jogo parece ser bom para fixar nomenclaturas dos compostos inorgânicos.

Assim, como no trabalho de Silva e Fonseca (2016), Silva, Brito e Barbosa (2016), o “bingo químico das funções inorgânicas” foi aplicado a 28 alunos em uma turma do 1^a ano de Ensino Médio. Em contraposição ao trabalho de Silva e Fonseca (2016), antes da aplicação do bingo químico, os estudantes responderam um questionário com perguntas abertas sobre o conteúdo trabalhado em aulas anteriores: funções inorgânicas e íons (ácidos, bases, óxidos, sais, cátions e ânions) (SILVA; BRITO; BARBOSA, 2016).

Ainda, em 2016, no III Congresso Internacional das Licenciaturas COINTER – PDVL (Programa Internacional Despertando Vocações para Licenciaturas), o trabalho intitulado *As pistas das funções inorgânicas: um jogo didático identificador de características, conceito e nomenclatura das funções*, realizado por Oliveira *et al.* (2016), buscou apresentar uma proposta de um jogo didático com base no conteúdo “Funções Inorgânicas” para alunos do 1^a Ano do Ensino Médio.

O objetivo desta proposta consistiu em fazer com que os alunos pudessem identificar e diferenciar as “funções inorgânicas” com base em suas características, conceitos e nomenclaturas. A metodologia utilizada foi baseada no Ciclo da Experiência proposto por George Kelly (1963), o qual consiste em cinco etapas: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva.²⁷ Assim como nos trabalhos de Silva e Fonseca (2016), Silva, Brito e Barbosa (2016), Oliveira *et al.* (2016) destacam que a função do jogo no ensino de Química não é de memorização de conceitos, nomes ou fórmulas, mas a familiarização com a linguagem química (VIEIRA *et al.*, 2016). Segundo Kishimoto

²⁷ Amparados pela perspectiva teórica de Kelly (1963), o que se denominou como Ciclo da Experiência, é composto por cinco etapas: “Primeiro Momento (Antecipação) - segundo Bastos (1992) é o momento em que o aluno recebe o convite para participar de um determinado evento, buscando nas suas concepções, ideias relevantes sobre aquele conceito que o ajude a responder ao questionamento realizado; Segundo Momento (Investimento) - Neves (2006) afirma que “dependendo de sua capacidade de construir a réplica do evento, ela acaba por se engajar na fase de investimento, quando se prepara para encontrar-se com o evento” (p.25); Terceiro Momento (Encontro) - A etapa seguinte é o encontro quando o professor apresenta um conjunto de conceitos teóricos, utilizando diversos recursos didáticos; Quarto Momento (Confirmação ou Desconfirmação) - A quarta etapa consiste na confirmação ou desconfirmação, quando o indivíduo testa suas hipóteses, confirmando-as ou refutando-as. É onde se depara com situações onde ele testará se seus construtos pessoais (hipóteses) têm validação; Quinto Momento (Revisão Construtiva) - Finalmente, vem a etapa da revisão construtiva. É o momento em que o indivíduo revê seus construtos anteriores, consolidando seus conhecimentos” (BASTOS, 1992; NEVES, 2006, apud OLIVEIRA *et al.*, 2016, p. 5-6).

(1996), o jogo considerado um tipo de atividade lúdica possui duas funções: a lúdica e a educativa. Elas devem estar em equilíbrio, pois se a função lúdica prevalecer, não passará de um jogo e se a função educativa for predominante será apenas um material didático.

No trabalho intitulado, *Ensino de funções inorgânicas, para alunos com deficiência visual, por meio de jogos lúdicos e experimentos*, Betina Lemke Plamer, Alex Antunes Mendes, Viviane Maciel da Silva e Ana Paula Moura Guimarães Carvalho (2016) analisam uma proposta de ensino inclusivo em uma escola pública do município de Pelotas, Rio Grande do Sul. Neste estudo, utilizaram-se experimentos e um jogo²⁸ relacionados ao tema “funções inorgânicas” no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no primeiro ano do Ensino Médio.

A partir do desenvolvimento e da construção de materiais didáticos alternativos para alunos de baixa visão ou cegos no **ensino das Funções Inorgânicas**, pudemos observar uma melhor compreensão por parte dos alunos dos conceitos envolvendo a **formação de ácidos, bases, sais e óxidos**, além da interação entre os grupos participantes do jogo e do experimento, como uma forma sadia na aprendizagem (BETINA LEMKE PLAMER; ALEX ANTUNES MENDES; VIVIANE MACIEL DA SILVA; ANA PAULA MOURA GUIMARÃES CARVALHO, 2016, p. 51, grifos meus).

Entre as dificuldades identificadas, observou-se “a dificuldade em entender o conceito de ácido já que, assim como os outros, afirmou que se trata de uma substância que na fórmula química possui um H na frente e a Base possui OH na parte de trás” (BETINA LEMKE PLAMER *et al.*, 2016, p. 50).

Nesta mesma direção, o trabalho *Dominó inorgânico: uma forma inclusiva e lúdica para Ensino de Química*, publicado na *Revista Conhecimento On Line* por Laís Perpetuo Perovano, Amanda Bobbio Pontara e Ana Nery Furlan Mendes (2017),

²⁸ Buscou-se construir um dominó, tendo como referência o “Braille Virtual da USP.” “As regras do jogo são as mesmas utilizadas para o jogo tradicional, a única diferença está no conhecimento das funções inorgânicas que é o fator principal para que o aluno possa identificar as peças corretamente” (BETINA LEMKE PLAMER; ALEX ANTUNES MENDES; VIVIANE MACIEL SILVA; ANA PAULA MOURA GUIMARÃES CARVALHO, 2016, p. 49).

reforçam a importância do estudo das “funções inorgânicas”. De acordo com essas autoras:

As funções químicas inorgânicas se dividem em quatro categorias: ácidos, bases, sais e óxidos. Em nosso cotidiano, é comum ouvirmos falar dessas substâncias, principalmente dos ácidos e bases. O limão e o vinagre que utilizamos para temperar saladas são exemplos de ácidos. Além destes, o suco gástrico presente em nosso estômago, tem o ácido clorídrico (HCl) como um dos constituintes e atua auxiliando a digestão dos alimentos, sendo também muito corrosivo, o que pode causar problemas como gastrite. É comum para algumas pessoas o uso da soda cáustica (NaOH), uma base forte, para o preparo de sabão e como substância de desobstrução de encanamentos, causados por gorduras, restos de alimentos e dejetos. Além dos ácidos e das bases temos os sais e os óxidos (LAÍS P. PEROVANO; AMANDA B. PONTARA; ANA N. F. MENDES, 2017, p. 40, grifos meus).

Para as autoras, as funções inorgânicas são aquelas que possuem propriedades químicas comuns e não porque apresentam o elemento carbono como constituinte principal. Aqui, desenvolveu-se um jogo, denominado “Dominó Inorgânico” na 1ª Série do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio (EEEFM) chamada Bartouvino Costa.²⁹ Amparadas por uma proposta educacional inclusiva à luz de Pereira, Benite e Benite (2011), Lockman (2012) e Brasil (1996, 2015), as autoras consideram que,

a adaptação de materiais didáticos configura-se como ponto central no processo de inclusão escolar de estudantes com deficiência, uma vez que permite que este estudante tenha condições de acesso ao conhecimento por outras vias, além da visão (no caso dos estudantes cegos) ou audição (no caso dos estudantes surdos) (LAÍS P. PEROVANO; AMANDA B. PONTARA; ANA N. F. MENDES, 2017, p. 39).

²⁹ Situada no município de Linhares, Espírito Santo, buscou-se auxiliar 32 estudantes (sendo 2 alunas surdas e 1 aluno cego²⁹) no ensino-aprendizagem do conteúdo de funções inorgânicas com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA; MASINI, 2006; MOREIRA 2011, AUSUBEL apud MOREIRA, 2011).

Segundo as autoras, os resultados obtidos com a aplicação do jogo foram favoráveis, demonstrando que o mesmo pode ser utilizado como uma ferramenta auxiliar para o ensino das “funções inorgânicas.”

Ainda, neste mesmo ano, Amanda Bobbio Pontara e Ana Nery Furlan Mendes (2017), em trabalho intitulado *O Estudo de Funções Inorgânicas: Uma Proposta de Aula Investigativa e Experimental*, publicado no periódico *Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino*, desenvolvem uma prática de ensino por investigação utilizando como o tópico “funções inorgânicas” com alunos da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública estadual. Conforme as autoras, **“as funções químicas inorgânicas se dividem em quatro categorias: ácidos, bases, sais e óxidos”** (AMANDA BOBBIO PONTARA; ANA NERY FURLAN MENDES, 2017, p. 22, grifos meus). Sobre este aspecto, comenta-se que:

O estudo dessas funções é importante não só para classificar as substâncias que fazem parte do nosso cotidiano, mas para entender que nem todo sal tem sabor salgado, ou que nem todo ácido é corrosivo e que nem todos os óxidos comprometem o meio ambiente. Que existem propriedades das substâncias que as diferenciam e outras que as colocam num mesmo grupo. Precisamos estudar química para compreender o que determina as semelhanças e as diferenças de um mesmo conjunto de substâncias, propriedades essas que fogem das percepções macroscópicas, entrando no que os alunos visualizam como o complexo e abstrato mundo microscópico da química, podendo assim por meio do conhecimento compreendê-lo e desmitificá-lo (AMANDA BOBBIO PONTARA; ANA NERY FURLAN MENDES, 2017, p. 23).

Tratou-se de uma proposta de ensino baseada na aprendizagem ativa, dividida em duas partes. No primeiro momento, a atividade consistiu em realizar uma de investigação, onde os alunos deveriam observar as fórmulas de algumas substâncias inorgânicas e organizá-las em conjuntos.

No segundo momento, os alunos utilizariam testes experimentais utilizando indicadores ácido-base (por exemplo, azul de bromotimol e fenolftaleína), com o intuito de certificar a organização do conjunto de substâncias que haviam propostos.

Dentro desse contexto, utilizou-se como proposta o que os autores chamaram de “cartas de substâncias inorgânicas” conforme ilustrado abaixo:

Figura 13 – Cartas das substâncias inorgânicas.



Fonte: Amanda Bobbio Pontara e Ana Nery Furlan Mendes (2017, p. 26).

As cartas continham três representantes de **cada função inorgânica (ácidos, bases, óxidos e sais)**. O objetivo da atividade era que os alunos percebessem as semelhanças entre as fórmulas químicas de cada substância e as agrupassem por grupo funcional, ou que alguma informação pré-existente os ajudassem ao formar os conjuntos (AMANDA BOBBIO PONTARA; ANA NERY FURLAN MENDES, 2017, p. 26, grifos meus).

Observou-se, segundo as autoras, que a identificação das “substâncias inorgânicas” se deu com base no critério constitucional. Reforçando esta análise, pôde-se constatar que o conjunto A, formado por NaOH, Mg(OH)₂ e NH₄OH, são classificadas como bases, já o conjunto B, HCl, H₂SO₄ e H₂CO₃. O critério utilizado pelos alunos tem caráter meramente constitucional quando comentam que o conjunto A, são bases porque tais substâncias apresentam o OH e as outras não; e o conjunto

B, são ácidos porque este grupo de substâncias começa com H (AMANDA BOBBIO PONTARA; ANA NERY FURLAN MENDES, 2017).

Como verificado, através dos grifos nesses exemplos, ocorreu uma propagação da primeira confusão teórico-conceitual, *ácido, base sal e óxido: funções da química inorgânica?* Isso indica que ainda há um forte ensino desses conceitos com esse tipo de sistematização. Com exceção, do trabalho intitulado *mapas conceituais: uma estratégia para verificar a aprendizagem dos conceitos de funções inorgânicas*, abordou a construção de mapas conceituais que evidenciam dois tipos de sistematização das “funções inorgânicas”. O primeiro remete ao nivelamento latitudinal desses quatro grupos de compostos: ácido, base, sais e óxidos. Isso remete a mistura de critérios comportamentais e constitucionais, como evidenciado por Campos e Silva (1999). O segundo exemplo de mapas conceitual remete apenas ao critério comportamental de ácidos, bases e sais (esses últimos como produtos da reação de ácido e base).

2.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Nesse capítulo, identificaram-se as principais confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base nos periódicos de Ensino de Química brasileiros e eventos nacionais, tendo como ponto de partida para as análises os artigos publicados entre os anos de 1999 e 2019 na *Revista Química Nova na Escola*. As análises realizadas permitiram identificar as seguintes confusões teórico-conceituais: (a) Ácido, base, sal e óxido: funções da química inorgânica? (b) Regras desarticuladas de classificação; (c) Desarticulação entre as teorias ácido-base ou ausência de teoria ácido-base; (d) Reação química generalizada: ácido + base \rightarrow sal + água; e por fim (e) Falta de contextualização.

Verificou-se, a partir dos trabalhos referidos, que as confusões teórico-conceituais se apresentam também em outros periódicos e anais de evento da área de ensino. Nesse sentido, constatou-se o uso indiscriminado do termo “funções

inorgânicas” para classificar substâncias com caráter ácido-base (assim como sais e óxidos, e alguns trabalhos), o caráter constitucional frente ao caráter comportamental/reacional e assim por diante.

3. ÁCIDOS E BASES NOS LIVROS DIDÁTICOS: AINDA DUAS DAS QUATRO FUNÇÕES DA QUÍMICA INORGÂNICA?

É inegável a importância do livro didático no trabalho escolar. Para Choppin (2004), os livros escolares assumem múltiplas funções, por exemplo: referencial, instrumental, documental, ideológica e cultural. Dentre essas, destaca-se a referencial, “que constitui um suporte privilegiado dos conteúdos educativos, o depositário rico dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir às novas gerações” (CHOPPIN, 2004, p. 553), por considerar como um importante suporte de consulta dos professores e estudantes.

Tem-se como principal referência o artigo intitulado *Funções da Química Inorgânica...funcionam?* Publicado em maio de 1999, por Campos e Silva na *Revista Química Nova na Escola*. Neste artigo, os autores chamaram a atenção para as confusões conceituais que se faziam das consideradas funções inorgânicas nos livros didáticos. Neste estudo, analisou-se:

O conteúdo dos capítulos que abordam o conceito de funções da Química Inorgânica em 12 livros de Química destinados ao nível médio. A partir da escolha de um dos livros como representante do grupo, o artigo apresenta uma crítica baseada na falta de coerência interna desses capítulos, sob a ótica da visão atual dos conceitos ácido-base e na impropriedade didática de saturar os iniciantes de classificações e nomenclaturas (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 18).

Mas o que mudou em mais de vinte anos após essa publicação? Neste capítulo, realizo uma análise da abordagem de ácido-base enquanto funções da Química Inorgânica, com sais e óxidos, nos livros didáticos de Química aprovados em 2018 pelo Programa Nacional do Livros Didáticos (PNLD). Assim, para essa análise, utilizo a primeira confusão teórico-conceitual – Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica?

A relevância desta pesquisa se justifica, primeiramente, pela importância que o livro didático de Química assume na sala de aula, sendo “um dos materiais mais

utilizados nas aulas de Química, uma vez que norteia a prática docente, desde a escolha do conteúdo até o processo de avaliação” (MAIA; VILLANI, 2016, p. 121). Em segundo lugar, por esta pesquisa ser de cunho epistemológico, de modo a organizar o conhecimento, já que esse pode ser transmitido de forma excludente entre as consideradas funções da Química Inorgânica. Em outras palavras, se uma substância é classificada como ácido, a mesma poderia ser interpretada como não sendo uma das demais classificações das consideradas funções da Química Inorgânica. Nesse sentido:

É preciso considerar que, devido à noção de relatividade no comportamento das espécies químicas, a rigor ácidos e bases, concebidos como “conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes”, não existem. O que há é um modo de se comportar quimicamente: comportamento ácido e comportamento básico. Assim, diante do sódio metálico, a amônia comportasse como ácido, formando íon amideto. Porém, diante da água, a amônia comporta-se como base, formando íon amônio. Apenas aquelas espécies que apresentam esses comportamentos em grau muito acentuado se aproximariam do conceito estabelecido para função (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 19).

Assim, quando se classifica ácido como substância que produz cátion H^+ em meio aquoso (H_3O^+), pode se inferir que esse cátion é oriundo da substância ácida. Em consequência, intuitivamente poderia se constituir um critério constitucional também para ácidos.

Analogamente para as bases, como sendo produtoras de OH^- em água, onde esse ânion pode ser proveniente da constituição da base. Entretanto, esses íons (H^+ e OH^-) podem ser originados do solvente em contato com as referidas substâncias (ácidas ou básicas). Ademais, Campos e Silva (1999) identificaram o uso de critérios diferentes para classificar ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica, sendo o critério comportamental para ácidos, bases, sais e o critério constitucional para classificar óxidos.

Diante disso, questiono: até que ponto o livro didático deixa explícito o critério de classificação das funções da Química Inorgânica? Assim, este capítulo tem o objetivo de identificar quais dos livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018

ainda classificam ácidos e bases como funções da Química Inorgânica, com sais e óxidos e se deixam explícitos os critérios de classificação.

3.1 UMA INTRODUÇÃO À NOÇÃO DE CONCEITO

Um caminho teórico para ampliar essa discussão (que será usado como guia na análise dos livros didáticos em relação à classificação dos conceitos de ácido e base), é a partir da teoria de desenvolvimento humano de Lev Vigotski, denominada Teoria Histórico-Cultural. Vigotski estudou o desenvolvimento de conceitos na criança, levando em consideração os seus diferentes níveis cognitivos.

Vigotski entendia que o desenvolvimento das funções psíquicas superiores envolve grupos de fenômenos que inicialmente parecem totalmente distintos, mas na realidade estão completamente unidos. É preciso fazer a distinção entre os meios externos do desenvolvimento cultural (instrumentos e signos) e os processos de desenvolvimento das funções. Enquanto os primeiros se referem às ferramentas materiais e simbólicas que produziram as primeiras transformações psíquicas (fala, escrita, cálculo, desenho etc.), os últimos se referem às funções específicas, como memória, percepção, atenção e **pensamento conceitual**, que se transformam valendo-se dos primeiros (MARTINS, ABRANTES, FACCI, 2016, p. 38, grifos meus).

Considerando que os conceitos ácido-base são ensinados no Nível Médio escolar, utiliza-se como critério de investigação a fase adulta, os níveis anteriores como apoio para o desenvolvimento cognitivo desta fase.

Nessa teoria, a palavra é um signo (VIGOTSKI, 2010), que medeia a relação do homem (o ser social) com o objeto e com outros homens. Nessa tese, os signos são: ácido-base. Ainda, segundo essa teoria, há dois estágios de conceitos: os inferiores, onde localizam-se os conceitos espontâneos; e os estágios superiores, onde se localizam os conceitos científicos, sendo mais amplos em conteúdo, necessitando de abstração e generalização.³⁰ Os conceitos científicos são mais

³⁰ Sobre este ponto, Vigotski coloca que: “Independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas, mas continua indiviso por

amplos em conteúdo, pois remetem ao saber sistematizado. Aqui, o conceito é formado a partir de um processo de ensino e exige do aluno “uma imensa tensão de toda a atividade do seu próprio pensamento” (VIGOTSKI, 2009, p. 260).

Vigotski (2010) formula o ponto central que determina a diferença da natureza psicológica entre os conceitos espontâneos e científicos, sendo a ausência ou a existência de um sistema.

Fora do sistema, os conceitos mantêm com o objeto uma relação diferente daquela que mantêm ao ingressarem em um determinado sistema. A relação da palavra “flor” com objeto, na criança que ainda desconhece as palavras “rosa”, “violeta”, “lírio” e a criança que as conhece, acaba sendo inteiramente diversa (VIGOTSKI, 2010, p. 379).

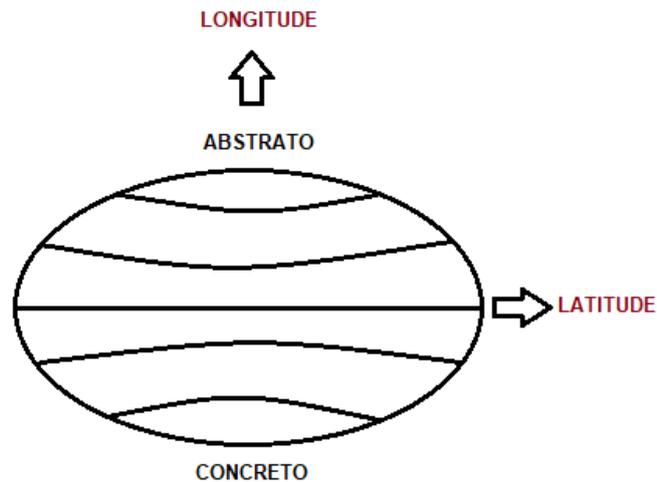
De forma análoga, o conceito de ácido assume um modo diferente daquele que assumiria no sistema de relações com outros conceitos como base, sais e óxidos. Por exemplo, quando se refere a ácido no contexto alimentar, remeterá ao seu sabor azedo.

Vigotski (2010) sinaliza um aspecto de primordial importância que surge nas fases superiores do desenvolvimento dos significados das palavras e conseqüentemente de generalidade: a equivalência dos conceitos. Segundo esta lei, “todo conceito pode ser designado por uma infinidade de meios por intermédio de outros conceitos” (VIGOTSKI, 2010, p. 364). Ou seja, quando falamos do conceito de cadeira, relacionamos como não sendo mesa, não sendo janela, não sendo televisão, isto é, relacionamos pela negação. Mas não é só isso. Para melhor exemplificar essa lei, este autor faz uma metáfora com os conhecimentos da geografia, especificamente por meio do sistema cartesiano.

Amparando-me em Vigotski, proponho a Figura 14, que ilustra uma representação da lei de equivalência de conceitos a partir de sua longitude e latitude.

sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo entre duas formas de pensamento que desde o início se excluem” (VIGOTSKI, 2009, p. 261).

Figura 14 - Representação da lei de equivalência dos conceitos baseada em Vigotski.



Fonte: Elaboração própria baseada em Vigotski.

Nesse sentido, os conceitos irão se distinguir por sua latitude em função da medida de concreto e abstrato dele, e na latitude do conceito, este ocupa a mesma longitude de outros. Imagine o globo separado em latitudes, de modo que de baixo para cima, partindo da concretude de um conceito para a abstração do mesmo.

Toda generalidade envolve relações horizontais e verticais, assim como exemplificado por Vigotski (2010) “mesa, cadeira, escrivaninha, sofá e estante”, teriam entre si relação horizontal de generalidade, enquanto o vocábulo “móvel”, teria uma relação vertical de generalidade com as cinco palavras anteriores (VIGOTSKI, 2010, p. 362), o objeto móvel em si não existe, o que existe é uma generalização para um conjunto de objetos que têm em comum uma determinada aplicabilidade.

Observa-se, por meio da teoria de Vigotski (2010), a importância da relação longitudinal e latitudinal entre os conceitos. Ter clareza dessas relações entre os conceitos ácido, base, sais e óxidos, pode contribuir para o entendimento desses conhecimentos, ou pelo menos para sistematizá-los em relação a outros e assim melhor compreender a Química.

Vale notar que o grupo funcional está vinculado tanto à composição quanto ao comportamento. Em outras palavras, “o grupo funcional é um átomo, ou um grupo de

átomos que possui propriedades químicas semelhantes sempre que ocorre em compostos diferentes. Ele define as propriedades físicas e químicas características das famílias de compostos orgânicos” (PAC, 1994, p.1077).³¹

3.2 ANÁLISE DA ABORDAGEM DE ÁCIDO-BASE NOS LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS NO PNL D 2018

Inicialmente, utilizo como categorias de análise a identificação dos volumes e capítulos que abordam as chamadas ‘funções da Química Inorgânica’, pois de acordo com Campos e Silva:

O fato de um livro ter um capítulo intitulado funções da química inorgânica já é um mau começo, por pelo menos dois motivos: primeiro, porque essa forma de exposição pressupõe que tais categorias sejam excludentes, o que não é verdade. Há sais que são ácidos, há óxidos que são bases, há óxidos que são sais ou mesmo ácidos que são bases [...] E segundo, porque instaura-se uma desgastante confusão, porque misturam-se critérios comportamentais, os únicos aceitáveis partindo do conceito estabelecido de função, com critérios constitucionais que são, por isso mesmo, completamente descabidos dentro da ideia apresentada para função (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 19).

Em seguida, caso os livros não apresentem esse capítulo, busco identificar quais volumes (1, 2 ou 3) e capítulos (por exemplo, equilíbrio químico, Química Orgânica, dentre outros) abordam os conhecimentos acerca de ácido-base, assim como de sais e óxidos; para posterior identificação dos critérios de classificação. Ou seja, se os referidos autores deixam explícitos os critérios comportamentais³² de classificação em detrimento dos constitucionais.

Além disso, associar ácidos e bases como funções da Química Inorgânica, com sais e óxidos, pressupõe que eles não estejam presentes na Química Orgânica, o que é um equívoco. Reforçando essa interpretação, Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002,

³¹ Glossário de termos usados em química orgânica física (Recomendações IUPAC 1994, p. 1116). <https://doi.org/10.1351/goldbook.F02555>.

³² Entendo como aspecto comportamental, o reacional.

p. 6) afirmam que “com exceção do ácido clorídrico, os ácidos mais comuns com os quais convivemos são orgânicos.” Seguindo essa ideia, “os ácidos orgânicos são também largamente utilizados como acidulantes na fabricação de bebidas à base de frutas e vegetais, sendo os principais ácidos utilizados para realçar sabores da bebida, os ácidos cítrico e tartárico” (SCHERER *et al.*, 2008, p. 1137).

3.2.1 Análise do Livro A

Esse é o único livro que apresenta um capítulo dedicado às funções da Química Inorgânica (capítulo 11 do volume 1). Nele, os autores não definem funções no início, no entanto, ao tratar sobre ácidos, dissertam que cada função química reúne substâncias que apresentam propriedades semelhantes.

Inicialmente, nota-se a associação das funções inorgânicas com o aspecto comportamental. Ao abordarem sobre ácidos como uma das funções da Química Inorgânica, os autores associam a algumas propriedades dos ácidos (são eletrólitos, reagem com carbonatos e bicarbonatos). Analogamente para as bases, destacam as propriedades como formar soluções eletrolíticas, reagem com ácidos por neutralização e atuam sobre a cor de indicadores ácido-base.

Quanto aos sais, os autores definem como “substâncias iônicas que podem ser obtidas por meio de reações químicas entre ácidos e bases chamadas de reações de neutralização” (LISBOA *et al.*, 2016, p. 212). Nesse caso, eles não afirmam que os sais sejam sempre provenientes da reação de neutralização. Observa-se, uma definição mais coerente, pois nem toda reação de neutralização forma sal e água. Isso é demonstrado por Campos e Silva (1999), que consideram que essa regra “só funciona para os ácidos protonados, reagindo com óxidos ou hidróxidos iônicos em meio anidro” (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 21). Ao considerar sais provenientes de reação de neutralização, sugere o critério comportamental de classificação enquanto função da Química Inorgânica.

Quanto à definição de óxidos, os autores os referem baseados na constituição química, conforme destaque a seguir: óxidos “são substâncias formadas geralmente pelo oxigênio e outro elemento qualquer, com exceção do flúor (único elemento mais eletronegativo que o oxigênio)” (LISBOA *et al.*, 2016, p. 217). Contudo, deixa-se destacado o critério de classificação, o critério é constitucional, pois todo óxido deve ter oxigênio como constituinte. É válido destacar que no referido capítulo é abordado a classificação dos óxidos ácidos e óxidos básicos, que nesse caso, remetem ao comportamento.

Nota-se, portanto, os diferentes critérios para se classificar as funções da Química Inorgânica, sendo o critério comportamental para ácido, bases e sais; enquanto para óxidos o critério é constitucional.

3.2.2 Análise do Livro B

Apesar desse livro não apresentar um capítulo exclusivo dedicado às funções da Química Inorgânica, os autores abordam o conteúdo no capítulo 7 (volume 1), intitulado “Ácidos, bases e sais”; e no capítulo 11 (volume 1), “óxidos”. Nota-se que os autores não chamam de funções da Química Inorgânica e deixam explícito que o critério de classificação das substâncias em ácidas, básicas e sais é comportamental, o que não ocorre com os óxidos, conforme destaque a seguir: “diferentemente de grupos de compostos já estudados – como os ácidos e as bases –, os óxidos não têm um conjunto de propriedades que os caracterizam como grupo de substâncias” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 234).

3.2.3 Análise do livro C

Neste livro os autores abordam os conceitos de ácido e base de Arrhenius no capítulo 4 intitulado “A chuva ácida e o estudo das substâncias envolvidas em sua formação” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 140). Há um tópico em que os autores tratam do

comportamento ácido-base e citam que existem outras teorias mais abrangentes, porém abordam nesse capítulo apenas as teorias de Arrhenius.

O que se chama de comportamento ácido-base foi reconhecido há muito tempo, e, a partir de então, os estudiosos têm elaborado teorias que possam explicá-lo. Essas teorias procuram definir, entre outros aspectos, o que são ácidos, o que são bases e como essas substâncias reagem (CISCATO *et al.*, 2016, p. 162).

Além disso, esse capítulo é subdividido em 4 temas, sendo o último “óxidos e pH de soluções aquosas” (CISCATO *et al.*, 2016, p.171) onde abordam que óxidos podem formar, em relação ao pH, soluções ácidas, básicas ou neutras.

Observo, portanto, que esse livro tem contemplado bem os argumentos apontados por Campos e Silva (1999) de modo a ter mais coerência na abordagem desses conhecimentos, uma vez que não os abordam como categorias excludentes e deixa claro o critério de classificação comportamental.

Por fim, no volume 2, em equilíbrio químico, eles retomam as teorias ácido-base aplicado ao sistema-tampão do ambiente bucal e abordam o caráter ácido ou básico de soluções de sais.

3.2.4 Análise do livro D

Neste livro, os autores abordam no volume 2, inicialmente o capítulo 3, intitulado “Classe de substâncias: funções orgânicas, ácidos, bases e sais” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 99). Observo que os autores não fazem distinção da classificação ácidos, bases, e sais como funções da Química Inorgânica e tentam explicar essa relação com a Química Orgânica. Na Orgânica, essas classes são caracterizadas por um grupo funcional. “Mas existem classes de substâncias que não apresentam grupo funcional e que são encontradas tanto em substâncias orgânicas, quanto em inorgânicas, como as classes: ácidos, bases e sais” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 109).

Sobre acidez e alcalinidade como propriedades das soluções, os autores deixam explícito que “são mutuamente dependentes e inversamente proporcionais” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 109). Mais adiante, no tópico 5, tratam das teorias ácido e base incluindo as teorias de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis.

No tópico 6, intitulado “Sais”, abordam sobre “sais ácidos e sais básicos, quando dissolvidos em água, reagem originando soluções ácidas ou básicas” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 130). Quanto aos óxidos, não identificamos de forma explícita em capítulo ou tópico. Isso pode ser um indício de que para os autores não seja relevante categorizá-los como classe de substância (ou como funções da Química Inorgânica), de modo que entraria em contradição com o critério comportamental utilizado para ácidos e bases.

3.2.5 Análise do livro E

No volume 2, especificamente no capítulo 4 intitulado “Introdução ao estudo do equilíbrio químico”, inclui tópicos como “ácidos e bases na linguagem cotidiana”, e “ácidos e bases e o comportamento químico da água” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 171). Isso pode indicar que esses autores não consideram ácidos e bases como duas das funções da Inorgânica com óxidos e sais, observando, portanto, um ganho epistemológico na organização e didatização desses conhecimentos.

No volume 3, ao abordar sobre os compostos orgânicos, os autores retomam o clássico experimento com extrato de repolho roxo aplicado tanto com substâncias consideradas inorgânicas (ácido clorídrico, hidróxido de sódio) quanto substâncias orgânicas (acetona, álcool etílico e detergente à base de amoníaco). Além disso, os autores propõem reflexões aos leitores, de modo que esses pensem sobre o que essas substâncias têm em comum como o comportamento ácido-base.

Percebo, portanto, outra forma de indicar ácido-base enquanto comportamento (sempre relacional) e não como função restrita à Química Inorgânica.

3.2.6 Análise do livro F

Neste livro, os conteúdos ácidos, bases, sais e óxidos são abordados no volume 1, capítulo 10, intitulado “Ligação iônica e compostos inorgânicos”, que contém tópicos sobre ácidos, bases, sais e óxidos. Apesar de aparentemente abordar o que muitos chamavam de funções da Química Inorgânica em um mesmo capítulo, a autora não denomina assim e associa esses conhecimentos com o critério comportamental. Por exemplo:

Os ácidos são eletrólitos e, portanto, formam íons em solução aquosa. A definição para ácidos atualmente, de acordo com o conceito de eletrólitos de Arrhenius, é: ácidos são compostos covalentes que reagem com a água (sofrem ionização) formando soluções que apresentam como único cátion o hidrônio H_3O^+ (REIS, 2017, p. 248).

Isso sugere que é uma característica comportamental. Em seguida, aborda os conceitos de ácido e base de Arrhenius. Quanto à abordagem de óxidos, mesmo apresentando a definição que é estritamente constitucional, (composto binário com o oxigênio como elemento mais eletronegativos), a autora os caracteriza em relação ao comportamento ácido-base, por exemplo: óxidos neutros “são certos óxidos covalentes que não reagem com a água formando ácido ou base” (REIS, 2017, p. 269).

Analogamente para sais, nesse item, a autora fala sobre acidez e basicidade dos mesmos, conforme destaque: “a solução de sal obtida poderá ter um caráter neutro, ácido ou básico, conforme a força do ácido e da base que reagiram entre si” (REIS, 2017, p. 265).

3.2.7 Sobre os livros didáticos de Química analisados

A seguir é apresentado o Quadro 4 que contém os volumes e capítulos de cada livro sobre ácidos, bases, sais e óxidos.

Quadro 04 – Identificação das perspectivas de análise, dos volumes e capítulos dos livros analisados que abordam ácidos, bases, sais e óxidos.

Livros Didáticos	Perspectivas de análise	Volume (s) que abordam ácidos, base, sais e óxidos	Capítulos
A	Funções da Química Inorgânica	1	11
B	-	1	7 e 11
		2	8
C	-	1	4
D	-	2	3
E	-	2	4
		3	3
F	-	1	10
		2	9
		3	4

Fonte: Elaboração própria.

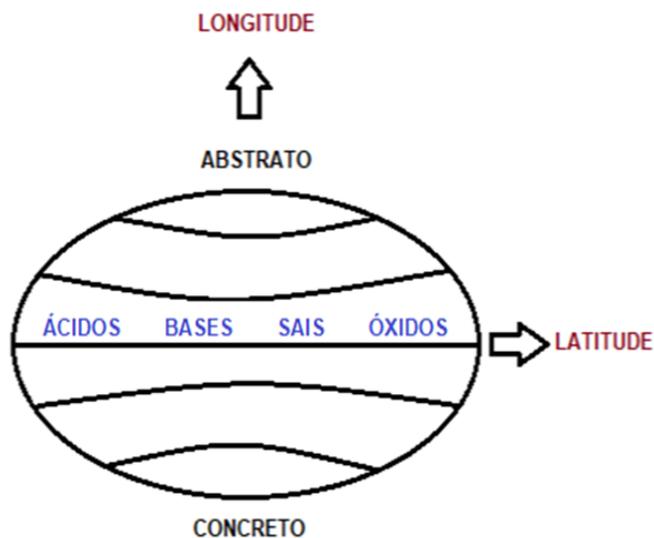
Legenda: - Livros que não apresentam o capítulo intitulado funções da Química Inorgânica.

Observo que apenas o livro A apresenta o capítulo sobre funções da Química Inorgânica e não deixa claro os critérios de classificação (comportamental e constitucional). Nota-se que este livro é o que mais se assemelha aos livros analisados por Campos e Silva (1999).

Diante disso, fazendo a interpretação da lei de equivalência para os conceitos ácido, base, sais e óxidos, aplicada à Figura 14, obtêm-se a Figura 15. Uma vez que

eram considerados funções da Química Inorgânica, pressupõe-se a horizontalidade entre eles. Nesse caso, tais funções são relativas à longitude.

Figura 15 - Uma interpretação da lei de equivalência dos conceitos ácido, base, sais e óxidos baseados em Vigotski.



Fonte: Elaboração própria.

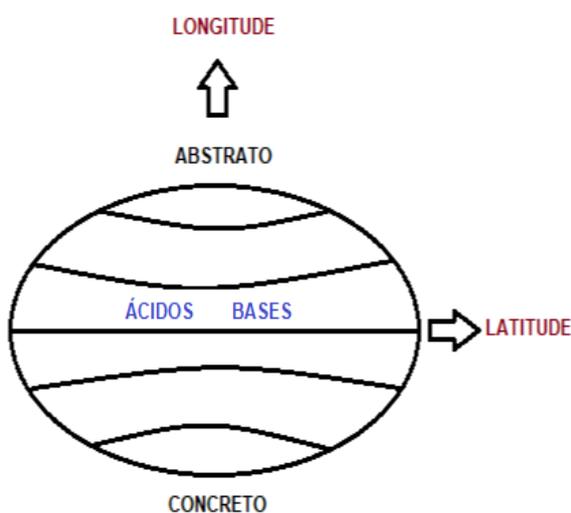
No entanto, de acordo com Vigotski (2010, p.370) “a nova fase de generalização não surge senão com base na anterior.” Com isso, ele deixa claro que considera o desenvolvimento potencial dos conceitos históricos a partir do sistema de generalizações primárias do antes e agora. Nesta tese, concordo com isso, que não se deve desprezar esse sistema de generalizações, mas tomá-lo como ponto de partida para novas generalizações. Nisso consiste também a importância para a pesquisa em ensino de Ciência (Química), que é observada a partir da análise dos livros de Química aprovados no PNL D de 2018.

Realçando, os livros B, C, D, E e F, além de determinado tipo de contextualização que eles trazem - normalmente associando às chuvas ácidas; ou através do estudo do equilíbrio químico e o pH das soluções aquosas como a saliva humana - os autores não abordaram esses conteúdos em apenas um capítulo

intitulado funções inorgânicas. A priori, isso já denota uma correção nos livros didáticos.

Em síntese, os demais livros analisados (B, C, D, E e F) não apresentam um capítulo denominado funções da Química Inorgânica e em sua maioria deixam explícitos os distintos critérios de classificação (comportamental e constitucional). Considerando a lei de equivalência entre os conceitos, proponho a Figura 16.

Figura 16 - Uma interpretação da lei de equivalência dos conceitos ácido e base baseada em Vigotski.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a Figura 16, ácidos e bases não são especificamente substâncias, mas refere-se ao comportamento que estas podem assumir: comportamento ácido ou comportamento básico.

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Apesar de ainda persistirem algumas confusões teórico-conceituais no ensino de ácidos, bases, sais e óxidos em relação à sua classificação como funções da

Química Inorgânica, além da necessidade da comunidade acadêmica/científica enfrentar e delimitar com clareza a distinção conceitual do que poderia ser denominado de funções da Química e/ou de classes de compostos (não entramos nessa discussão neste capítulo), posso afirmar que dos seis livros do PNLD de 2018, apenas um mantém a classificação tradicional, conforme constataram Campos e Silva, no artigo de 1999; e o mesmo também não apresentou indícios de tratar dos diferentes critérios (comportamental e constitucional) de classificação.

É relevante o avanço das pesquisas em Ensino de Química chegando aos livros didáticos. A ciência é uma construção no curso histórico. Este trabalho vem confirmar isso, à medida que observo, após mais de vinte anos da publicação de Campos e Silva (1999), alterações na forma de classificação de ácidos, bases, sais e óxidos enquanto funções da Química Inorgânica.

Considerando o que aponta Schnetzler (2003), “as contribuições das pesquisas para a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem ainda não chegam à maioria dos professores que, de fato, fazem acontecer o ensino nas escolas desse imenso país” (SCHNETZLER, 2003, p. 22), sustento a importância da melhoria do livro didático, através da pesquisa, uma vez que ele é uma fonte de consulta do professor e estudantes. Dessa forma, contribui para a melhoria dos complexos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos sobre ácido e base.

Vale destacar como categoria emergente da análise dos livros, que alguns autores também explicam a relação de acidez e basicidade para além de compostos da Química Inorgânica. Essa categoria emergente é relevante, pois as funções da Química Orgânica são classificadas conforme um critério constitucional.

Por fim, apresentou-se como exemplo extraído do livro D, a definição “Funções orgânicas são classes de substâncias orgânicas que possuem propriedades químicas semelhantes, cujas propriedades estão relacionadas aos átomos constituintes ou à natureza das ligações” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 16). Além disso, definem “grupo

funcional é uma estrutura química que compreende um grupo de átomos ou apenas um átomo que caracteriza uma função química”³³ (SANTOS; MÓL, 2016, p. 17).

³³ Por exemplo: “Os hidrocarbonetos são constituídos apenas por átomos de carbono ligados a átomos de hidrogênio, sendo o petróleo sua principal fonte natural. As demais funções orgânicas têm, em suas estruturas, além do carbono e do hidrogênio, átomos de outros elementos químicos, como oxigênio, nitrogênio e halogênios” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 16).

4. ÁCIDO-BASE E A SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

No capítulo 2, busquei identificar quais são as principais confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base nos periódicos brasileiros de ensino de Química. No capítulo 3, procurei verificar se a primeira confusão teórico-conceitual (ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica?) ainda se propaga nos livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Neste capítulo, busco argumentar que as confusões teórico-conceituais identificadas não são apenas problemas que foram identificados a partir do trabalho de Campos e Silva (1999), e posteriormente nos referidos trabalhos aqui investigados; trata-se de um problema histórico, ou seja, os conceitos ácido-base atravessam a história de maneira que sua compreensão se confunde com a própria origem da Química, ou melhor, com os processos envolvidos na construção do conhecimento químico, assim como sustentam Nunes *et al.* (2016).

Posteriormente, faço uma breve apresentação sobre os fatores que delimitam um conceito de acordo com Hardy-Vallée (2013), seguido da abordagem de conceitos estruturantes (GAGLIARDI, 1986, 1988) e estruturador (LIMA; BARBOZA, 2005) do pensamento químico.

4.1 OS CONCEITOS ÁCIDO-BASE NO ENSINO DE QUÍMICA

De modo geral, observou-se que as confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base estão nos periódicos e eventos brasileiros da área de ensino de Química quanto em alguns livros didáticos. Tais conceitos são apresentados de forma pronta e inacabada, muitas vezes sem vínculo com a realidade social e objetiva e sem as razões utilizadas para sua construção.

É fato, mesmo após 23 anos da publicação do trabalho de Campos e Silva (1999), intitulado *Função da Química Inorgânicas...funcionam?* Ainda se perpetua a confusão teórico-conceitual em torno da classificação ácido, base, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica. Tal confusão, conforme vimos anteriormente³⁴, foi identificada no ensino de Química tanto no Ensino Médio quanto no ensino universitário. Tais problemas também foram verificados em alguns livros didáticos de Química³⁵ que mantêm tal classificação, e não apresentam de forma explícita os diferentes critérios (comportamental e constitucional) envolvidos. Não se trata apenas de chamar (ou não) o capítulo do livro de funções da Química Inorgânica, por exemplo, mas das implicações tidas após considerar ácido-base como duas funções da química em relação ao sistema de conceitos na Química.

Em Chagas (1999, 2000), representam-se as teorias ácido-base por meio de um diagrama de Veen³⁶, tomando como ponto de partida a perspectiva teórica de Arrhenius. Sobre este ponto, concordo com Lima e Silva (2020), pois não se coloca de forma clara que relações esses conceitos têm e com o contexto social e histórico, bem como as modificações que tais conceitos sofreram ao longo da história. Uma mera transição de uma teoria para outra (ou seja, não apresentando as dificuldades que se tornaram problemas em torno daquele momento histórico) dificulta o entendimento da natureza da construção do conhecimento químico. Não basta apenas considerar a utilidade das referidas teorias e seu grau de amplitude.

Acredito ser uma contribuição para o ensino de Química considerar que as teorias formuladas por Lewis e Bronsted-Lowry partiram de aproximações de um dado recorte histórico, apresentando as razões para sua elaboração, bem como o contexto social e histórico envolvido. Pois, da forma como é apresentado nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, parece que as teorias foram formuladas anos após a publicação de Arrhenius, em seguida, Bronsted-Lowry e por fim, Lewis, sem apresentar as razões para sua elaboração. O que se sabe é que Lewis era contemporâneo de Lowry, isso ocorreu por volta de 1923.

³⁴ Item 2.8.

³⁵ Conforme visto no capítulo 3.

³⁶ Figura 5.

Outro fator que dificulta a aprendizagem é a ênfase exagerada dada muitas vezes em relação à memorização de fatos, fórmulas, equações, símbolo, nomes, teorias e modelos. Ou seja, se há falta de clareza sobre os conceitos investigados e, sobretudo, ausência de explicações sobre suas modificações ao longo dos anos, isto parece sugerir que os conceitos ácido-base não têm nenhuma relação entre si. O que é um equívoco!

Sobre estes pontos, Elizabeth Weinhardt O. Scheffer (1997) comenta que se pretendemos compreender a Química, como uma disciplina escolar no currículo, devemos incluir elementos históricos que influenciaram a sua construção. Para essa autora, sistematizar a História da Química como ciência pode ser um caminho profícuo para enfrentarmos a fragmentação dos conteúdos, a ausência de relações entre eles e o próprio conhecimento químico como todo. Nesta perspectiva, a autora aponta que:

Buscar a história da química significa buscar a história da humanidade desde os seus primórdios, pois enquanto ciência sistematizada seus registros podem ser considerados recentes, enquanto técnica utilizada nas transformações, ela remonta a própria pré-história (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997, p. 1).

De acordo com Elizabeth Weinhardt O. Scheffer (1997), para compreender como o saber químico se desenvolveu ao longo dos anos, enquanto conhecimento científico, torna-se necessário uma reflexão sobre os caminhos históricos da própria ciência química. Em outras palavras, o que a autora quer nos dizer é que com o passar dos tempos, muitas ideias e concepções sobre um determinado aspecto foram modificadas, por exemplo, conceitos foram ampliados, distintas hipóteses foram construídas, e é acompanhando a construção do conhecimento científico que pensamentos, perspectivas e certas descobertas podem ser mais bem compreendidos. Sobre este ponto, concordo com essa autora, pois penso que esta é uma perspectiva inevitável para compreender os conceitos ácido-base.

Mas a pergunta é: Como o ensino de Ciências/Química no espaço escolar pode se beneficiar da História da Ciência/Química de forma efetiva? Há um profundo debate atualmente em torno desta pergunta e isso alimenta uma larga, plural e profícuo

discussão na comunidade nacional (e estrangeira).³⁷ A importância da História e da Filosofia da ciência para o ensino de Ciências tem sido reconhecida na literatura especializada nas últimas décadas (MATTHEWS, 1994, 1990; GAGLIARD, 1988; FREIRE JÚNIOR, 2002; LEITE, 2002; PAIXÃO; CACHAPUZ, 2003; OKI, 2009; BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). Por exemplo, no Brasil, tal abordagem vem sendo acordada nos documentos oficiais da educação, entre eles, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) e pelas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação (OKI, 2006; OKI; MORADILLO, 2008). Para Elizabeth Weinhardt O. Scheffer (1997):

A busca da historicidade dessa disciplina, na medida em que permite uma compreensão dos diferentes fatores que interferem, ou mesmo definem o currículo escolar, pretende ser um caminho para análise e interpretação dos problemas enfrentados na atualidade (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997, p. 13).

Nessa mesma direção, Beltran, Saito e Trindade (2014) colocam que a História da Química é relevante porque pode tornar explícito os argumentos e problemas, ou seja, a partir da maneira ora formulados pelos cientistas considerando seu contexto histórico-social. Maria da Conceição Marinho Oki (2002) acrescenta que:

Através do uso da história e epistemologia da Química, podemos conhecer a gênese desse conceito, as várias concepções que se sucederam nos seus diferentes contextos e as modificações ocorridas ao longo do tempo relacionadas a fatores socioculturais. Um estudo usando o referencial histórico-epistemológico também revelará relações importantes com outros conceitos, que certamente serão importantes para o ensino de Química (MARIA C.M. OKI, 2002, p. 21).

³⁷ Existem distintos projetos sendo elaborados em alguns países, por exemplo, o trabalho intitulado "Projeto 2061" da American Association for the Advancement of Science (AAAS), que tem sua origem nos Estados Unidos, dentre tantos outros, como o livro *Ciência para Todos*. Um dos focos deste projeto é a ideia de que: menos, é mais, ou seja, é preciso ensinar menos para que o ensino seja melhor. Em outras palavras: "Não é necessário exigir das escolas que ensinem conteúdos cada vez mais alargados, mas sim que **ensinem menos para ensinarem melhor**. Concentrando-se em menos temas, os professores podem introduzir as ideias gradualmente, numa variedade de contextos, aprofundando-as e alargando-as à medida que os estudantes amadurecem. Os **estudantes acabarão por adquirir conhecimentos mais ricos** e uma **compreensão mais profunda** do que poderiam esperar adquirir a partir de uma exposição superficial de mais assuntos do que aqueles que seriam capazes de assimilar" (RUTHERFORD; AHLGREN, 1995, p. 21, grifos meus).

A inclusão da História da Ciência no ensino tem razões que se fundamentam na Filosofia, Epistemologia e a própria concepção de Ciência utilizada influencia na seleção e abordagem dos conteúdos (MARIA CONCEIÇÃO. M. OKI, 2002, 2006, 2009; MARIA CONCEIÇÃO M. OKI; EDILSON FORTUNA MORADILLO, 2008). No entanto, é muito importante ressaltar, que quando se propõe o uso da abordagem da História da Química no ensino de Química, é fundamental ter clareza que, frente a qualquer narrativa histórica implica em uma visão de ciência e dos processos de sua construção, ou seja, ao utilizarmos uma determinada perspectiva teórica, estamos tratando da concepção pela qual a química foi construída. Assim, em minha visão, a História da Química não deve ser utilizada apenas como um mero conteúdo a mais no complexo processo de ensino-aprendizagem em Química; pelo contrário, ela deve possibilitar a introdução de elementos relevantes para estimular a reflexão, o diálogo e a visão crítica acerca da construção do conhecimento químico.

Tendo em vista os propósitos desta tese, acredito, amparada nos referidos autores, que o maior problema seja a dogmatização do conhecimento científico, ou seja, os conceitos ácido-base são, de certo modo, transferidos aos alunos sem a apresentação de suas origens, sem o seu desenvolvimento – em resumo, sem a sua construção ou elaboração e de forma confusa como destacados nos capítulos 2 e 3. Dialogando com Elizabeth Weinhardt O. Scheffer (1997), e embasada em Vigotski (2009), sustento também, assim como Lima e Silva (2020), que a Teoria Histórico-Cultural pode contribuir não apenas para minimizar a fragmentação do ensino dos conceitos ácido-base como para compreender o desenvolvimento desses conceitos na Química. Nesta perspectiva, os conceitos são elaborados sistematicamente de maneira que a aprendizagem de um conceito remete a sua relação com outro conceito, os problemas que ocorreram em seu entorno e argumentos que levaram as formulações teóricas (LIMA; SILVA, 2020).

Seguindo esta linha de pensamento, busco explicitar a partir da próxima seção como a história dos conceitos ácido-base pode corroborar para entendermos os problemas em torno das suas origens.

Não se pode esquecer as contribuições advindas de outras civilizações, às vezes ignoradas pelos ocidentais ou não bem

documentadas, e cujos avanços proporcionaram em distintas épocas a crença ou presunção de seu próprio fim, talvez pela ingenuidade, de certos atores históricos em propagarem que nada mais de relevante poderia ser acrescentado, ao conhecimento da natureza, a não ser alguns resultados triviais (FILHO, 2014, p. 81).

Sobre a importância da abordagem histórica, não poderia deixar de destacar um dos valorosos trabalhos do nosso querido Prof. Dr. Aurino Ribeiro Filho, in memoriam.

4.2 UM POUCO DE HISTÓRIA: UMA PRÉVIA PASSAGEM DA ALQUIMIA À QUÍMICA

Historicamente, há indícios de que materiais conhecidos por ácido e alcali foram utilizados durante muitos anos atrás por artesãos, alquimistas e sacerdotes (LIMA; SILVA, 2020). No entanto, este conhecimento estava relacionado apenas com casos que não formavam classes (BROCK, 2012; SILVA; SANTIAGO, 2012). De acordo com Greenberg (2009), os ácidos eram comumente utilizados pelos alquimistas, por exemplo, em uma mistura chamada por eles de “água régia”, ou seja, uma mistura constituída por ácido clorídrico e ácido nítrico, para dissolver o ouro e formá-lo novamente.

A alquimia caracterizou-se principalmente pela busca da transmutação dos metais utilizados em ouro, um processo em que os alquimistas buscavam apenas acelerar, pois acreditavam que este processo ocorria de forma natural (SCHEFFER, 1997). Vale destacar que as ideias filosóficas sustentadas a favor da transmutação, como os quatro elementos, concebida principalmente por Aristóteles, influenciaram o pensamento químico. Nesse sentido, é importante destacar que o filósofo Francis Bacon “tinha uma profunda fé na alquimia e atribuía-lhe uma posição de destaque entre as ciências” (CHASSOT, 1994, p. 75). Em grande medida, as buscas realizadas pelos alquimistas ocorriam a partir de atividades experimentais, isso levou ao aprimoramento de técnicas e equipamentos nos processos de laboratório.

Paralelamente as atividades dos alquimistas, Lima e Silva (2020) colocam que algumas técnicas foram desenvolvidas tais como preparação de medicamentos, análises de minérios e metalurgia. De acordo com estes autores:

Ainda não havia o conceito de ácido, mas, de material ácido, como material de sabor azedo. Tais materiais em si e seus usos não constituíam problemas que requeressem a criação desse conceito. A transformação do adjetivo ácido em substantivo e classe de materiais se deu à medida que o sabor azedo passou a caracterizar uma quantidade maior de materiais e que seu emprego na medicina se tornou importante (LIMA; SILVA, 2020, p. 164).

O termo ácido tem sua origem na antiguidade, mais precisamente no latim, que significa azedo ou picante (CHAGAS, 1999; ACIDO, 2001; ACIDE, 2013; ACID, 2019). Já o termo alcali se origina da palavra árabe *al-qaly*, que significa cinzas de vegetais (ALCALI, 1999; CHAGAS, 2000) na Idade Média. De acordo com Crosland (1978), o primeiro conceito de álcali foi proposto a partir de um material obtido das cinzas de vegetais, caracterizado pelo sabor amargo. Chagas (2000) acrescenta que o termo base, substitui o termo álcali somente no século XVIII, apesar do uso do termo base pelo francês Duhamel du Monceau, este termo foi somente assumido em 1754 (GREENBERG, 2009).

O que se pode observar, é que os conhecimentos práticos utilizados ao longo da história tiveram uma importante contribuição para o desenvolvimento da ciência. Esse legado, transmitido de geração a geração, impulsionou o aperfeiçoamento de habilidades e técnicas que representam o início da construção do conhecimento químico, afinal o aperfeiçoamento das técnicas pelos alquimistas levou as da Química moderna (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

4.2.1 ÁCIDO-BASE E O TRABALHO EXPERIMENTAL NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

No século XVI, os conhecimentos advindos da alquimia estavam relacionados com a medicina. Por exemplo, Paracelso (1493-1541), médico suíço, místico e

renomado alquimista, foi o pioneiro no uso de substâncias puras para o tratamento de doenças (CHASSOT, 1994). Philippus Aureolus Thophrastus Bombastus Von Hohenheim, que chamou a si mesmo de Paracelso, utilizou a Química para curar doenças e deu origem a um campo chamado iatroquímica (GREENBERG, 2009). Este autor ficou reconhecido por utilizar experimento e observação em tratamentos médicos. “Paracelso é ao mesmo tempo um homem da Idade Média, pela sua ligação as teorias da alquimia, e um homem do Renascimento pelo impulso original que deu à investigação química” (VIDAL, 1986, p. 31).

A Iatroquímica contribuiu para o desenvolvimento do estudo dos materiais, sua obtenção e purificação, com finalidade médica. No século XVII desenvolveram-se ideias teóricas e estudos experimentais que conduziram à elaboração dos conceitos de ácido e álcali, a partir da necessidade do ser humano de ordenar o mundo material, caracterizando e classificando os materiais com os quais lidava, fossem extraídos da natureza ou produzidos artificialmente (LIMA; SILVA, 2020, p. 165).

Entre os autores que sustentam essa perspectiva, está Johann Baptista Van Helmont, o qual “vislumbrou uma rica batalha entre ácido e álcalis nos seres vivos” (GREENBERG, 2009, p. 113). Os estudos da iatroquímica ajudaram a descrever a questão da neutralização.

Nesse período histórico, a caracterização dos materiais era realizada de forma empírica, sendo a composição química uma característica relevante tratada no século XVIII (CROSLAND, 1978). Como incentivador de atividades experimentais, Paracelso buscou realizar a purificação de substâncias com o intuito de obter drogas mais eficientes e menos perigosas, conforme aponta Elizabeth Weinhardt O. Scheffer (1997). Este foi o primeiro autor a enfatizar a característica da pureza de uma substância, questão de extrema importância para a prática química.

A rigor, o século XVII foi marcado pela busca de explicações racionais para os fenômenos da natureza com base na experimentação, observação e interpretação minuciosa dos resultados embasados pela razão. Ou seja, uma nova forma de relação homem e natureza, através da racionalidade, se forma como algo mutável e em movimento constante, perspectiva defendida por cientistas e filósofos. Entre eles,

destacam-se: Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1717)³⁸.

De acordo com Lima e Silva (2020), ocorrem os primeiros registros do termo ácido como substantivo em diferentes línguas, por exemplo, nas línguas latinas (ácido e ácida) e na língua inglesa (acid) (ACID, 2019; ACIDE, 2013; ÁCIDO, 2001). De forma análoga, embora o termo álcali tenha sido pela língua francesa (alcali) e inglesa (álcali), a palavra álcali foi somente registrado na língua portuguesa no final do século XVII.

Importantes autores propuseram diferentes explicações para o desenvolvimento da compreensão da Química. Por exemplo, van Helmont buscou explicar que a digestão dos seres vivos ocorria a partir de processos vitais (PARTINGTON, 1961; DEBUS, 2002). Por exemplo, pode-se inferir que a digestão estava vinculada a reação de neutralização. Essa ideia inicial sugere que sais são formados pela reação química de um ácido com um álcali.

A partir dos trabalhos de Johan Rudolph Glauber (1604-1670), foi proposta a ideia de que sais neutros seriam produto da interação entre ácidos e álcalis, de modo que estes se destruiriam e se anulavam mutuamente (SIEGFRIED, 2002; GREENBERG, 2009). Embora certamente acreditasse na transmutação, este autor trouxe significativas contribuições para a Química. Por exemplo, segundo Greenberg (2009), este autor foi o pioneiro a descrever o sulfato de sódio cristalino³⁹ e o utiliza para terapias medicinais: “Aplicado externamente, ele limpa todos os ferimentos recentes, abre úlceras e as cura; tampouco ele corrói, ou provoca dor, como outros sais costumam fazer” (GREENBERG, 2009, p. 99). Essas ideias influenciaram os trabalhos de distintos autores, por exemplo, os trabalhos de Sylvius.

³⁸ Em linhas gerais, o filósofo Francis Bacon valorizou a ciência experimental, sendo um dos precursores do método científico moderno; Descartes colocava em jogo somente aceitar o que a razão pode compreender, tendo ponto de partida a dúvida metódica; em Newton, suas contribuições representam a base da física até o século XX (AQUINO, 1988; SCHEFFER, 1997; CHASSOT, 1994).

³⁹ Este autor denominou o sulfato de sódio como Sal de Mirabile, traduzindo: Sal Maravilhoso (GREENBERG, 2009).

Robert Boyle (1627-1691), trouxe profundas contribuições para o desenvolvimento deste período. Entre elas, destaco o seu clássico livro: *The sceptical chymist*, publicado em 1661. Neste trabalho, o autor pôs fim ao conceito aristotélico dos quatro elementos (ar, terra, fogo, água), e impulsionou o declínio do conceito de Paracelso dos três princípios (mercúrio, enxofre e sal). Ainda, demonstrou a importância do ar para vida e para propagar o som, seus trabalhos sobre ar como gás contribuiu para descobertas dos séculos XVIII e XIX, realizadas por Lavoisier, John Dalton, dentre tantos outros autores (GREENBERG, 2009). Ao discordar das abordagens conceituais em torno dos termos ácido-base, Boyle ainda destacou:

Não me espanto que as definições que nos dão de ácidos e álcalis sejam inexatas e superficiais, pois não encontro, que os próprios químicos tenham qualquer noção clara e determinada, ou traços seguros, por meio dos quais saber distingui-los (BOYLE, 1675, p. 14).

Ou seja, o que se pode observar a partir das críticas de Robert Boyle é que os próprios químicos não tinham clareza sobre os conceitos ácido-base. De acordo com Ana Maria Alfonso-Goldfarb (2005), apesar das falhas colocadas por Boyle, apenas o comportamento ácido-base a partir de indicadores⁴⁰ foi reconhecido (BAKER JR, 1964; LIMA; SILVA, 2020). Outro autor que contribuiu para este período foi o Robert Hooke, auxiliar de Boyle, “reconheceu no ar um componente que favorecia as combustões, cuja presença também verificou no salitre. Hooke denominou esse composto de nitroso, o qual cerca de um século depois seria reconhecido como o Oxigênio” (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997, p. 36).

A partir do século XVIII, a natureza do conhecimento químico passa a adquirir maior sistematização (GEOFFROY, 1741; LIMA; SILVA, 2020). Este é o período em que se busca a caracterização de materiais e a formulações de explicações baseadas em reações químicas. Para Chassot (1994, p.118):

Quando a química chega ao século XVIII, ainda marcada pela alquimia (ainda hoje ela é considerada por muitos como um produto de magia),

⁴⁰ Boyle, desenvolveu várias técnicas para a identificação dos caracteres ácido e básico a partir do uso de indicadores que permitiam a variação da cor em função do meio (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997).

ocorre uma outra revolução conhecida como Revolução Química. Com o estabelecimento de um novo paradigma, celebra-se a definitiva transição da alquimia à química: o mágico cede lugar ao científico: a química ascende ao fórum das ciências.

Segundo Chassot (1994), o século XVIII foi um momento marcado pelo racionalismo. Trata-se do período chamado iluminismo, “caracterizado por veementes críticas aos privilégios da monarquia, à igreja (que aliás, já sofria críticas desde a Reforma) e pelo clamor da liberdade política de expressão” (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997, p. 36).

Em 1718, Geoffroy (1741) utilizou a palavra ácido como classe de substâncias. Considerando a origem dos materiais, Louis Lémery inseriu na Química o termo base (JENSEN, 2006). Poucos anos depois, Rouelle (1748), considerou que bases são àquelas substâncias que reagem com ácidos e formam sais neutros. Nesse sentido, considerou que um sal seria formado “da união de um ácido com uma substância qualquer que lhe serve de base” (ROUELLE, 1759, p. 573-574). Para Rouelle (1759), bases são também classes de substâncias. São alguns exemplos de “bases de sais”: “substâncias alcalinas, terrosas e metálicas, que dissolvidas até a saturação pelos diferentes ácidos, formam os sais neutros por união com esses mesmos ácidos” (MACQUER, 1778, p. 237).

De acordo com Ana Maria Afonso-Goldfarb e Márcia Helena Mendes Ferraz (1993), segundo a visão clássica da História da Química, uma formulação moderna para origem da Química é realizada a partir dos trabalhos desenvolvidos por Lavoisier e seu grupo de pesquisadores. Tal perspectiva, segundo essas autoras, resulta de duas razões principais: a derrubada da teoria do flogístico e o reuso da química pneumática. A estas, somam-se as experiências de Lavoisier – famosas por sua precisão. Esta visão tem sido considerada por grande parte dos historiadores da ciência na atualidade como uma “caricatura do real”. Assim, como nos lembra Perrin, renomado autor das origens da química, de fato: toda caricatura tem um fundo de verdade, uma reivindicação realizada pelo “próprio Lavoisier e encontram-se em sua memória de 1777 à Academia Real de Ciências intitulada: “Reflexões sobre flogístico”

(ANA MARIA AFONSO-GOLDFARB; MÁRCIA HELENA MENDES FERRAZ, 1993, p. 63).

Em 1777, Lavoisier, consciente dos trabalhos de Priestley e de Scheele, ambos vinculados ao oxigênio, realizou experimentos com o intuito de entender a natureza do ar atmosférico. Desse estudo, considerou a existência de duas partes: o ar respirável e ar não respirável (LAVOISIER, 2007). É importante destacar os trabalhos de autores de grande importância na construção da História da Ciência. Neste ponto, destaco os trabalhos de Priestley e de Scheele, mas não poderia deixar de apontar outros tantos igualmente relevantes tais como: Georg Ernst Stahl e o “flogisto”, Henry Cavendish (“ar inflamável”), Jean Rey (“conservação do peso”), Kant (“constância do peso”), e assim por diante.

Ademais, vale destacar que, a Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), químico experimental, atribui-se também a descoberta de alguns compostos orgânicos de natureza ácida. Entre eles, destacam-se: ácidos carboxílicos e fenóis – (1) ácido tartárico (descoberto em 1770, do resíduo de fermentação do vinho); (2) oxálico (descoberto em 1776, do isolado do trevo azedo); (3) láctico (descoberto em 1780, da fermentação do leite azedo); (4) úrico (descoberto em 1780, dos resíduos da urina); (5) cítrico (descoberto em 1784, dos sucos de frutas cítricas); (6) málico (descoberto em 1785, extraído do suco da maçã); (7) gálico (descoberto em 1786, das nozes da Gala) (FIORUCCI *et al.*, 2002). Tais descobertas, estão fortemente ligadas ao desenvolvimento da química experimental.

Assim, embasado em vários experimentos, Lavoisier fazia a reinterpretação das formas de “combustão” ou fenômenos, por exemplo, “combustão propriamente dita (via ígnea), respiração (via seca) e ataque com ácidos (via úmida)” (ANA MARIA AFONSO-GOLDFARB; MÁRCIA HELENA MENDES FERRAZ, 1993, p. 66). Neste último caso,

os experimentos desenvolvidos por Lavoisier ao longo de 1777 o levarão à conclusão de que o “ar eminentemente respirável” é o princípio constituinte da acidez. Um princípio comum a todos os ácidos, que por isso receberia a denominação de “oxigênio”, do grego *formador de ácidos*. E já que a combustão envolve o oxigênio, todo produto gerado por ela deveria dar origem a um ácido (**os ácidos**

seriam “óxidos aquosos” para Lavoisier) (LEICESTER, 1959; IHDE, 1964; apud ANA MARIA AFONSO-GOLDFARB; MÁRCIA HELENA MENDES FERRAZ, 1993, p. 66, grifos meus).

Observa-se, com os trabalhos de Lavoisier, foi possível desenvolver a partir de um princípio acidificante, que para ele seria o oxigênio. Esta é uma primeira proposta de explicação que buscava relacionar a constituição dos materiais com a classificação ácido-base. Para Lima e Silva (2020, p. 170):

O novo conceito de ácido representou uma mudança substancial em relação ao anterior, pois era caracterizado pela composição em vez de pelo comportamento frente a outras substâncias. Lavoisier não se propôs a resolver os problemas levantados pelas críticas de Boerhaave, Boyle ou outro estudioso, mas a elaborar um conceito que explicasse a formação dos ácidos na combustão.

Uma série de críticas eram realizadas em direção aos trabalhos de Lavoisier, pois se percebeu que algumas substâncias não possuíam oxigênio em sua composição, como exemplo, o muriático, fluórico, borácico e úrico, assim como numerosas substâncias (BARDEZ, 2012; LESNEY, 2003).

De acordo com Lesney (1993), algumas décadas depois, a ideia de acidez estava vinculada a presença de hidrogênio, essa proposta foi realizada pelo químico alemão Justus Von Liebig (1803-1873). A partir dos anos 1860, o grupo COOH, foi reconhecido como característica dos ácidos orgânicos (PARTINGTON, 1964), ou seja, difunde-se a ideia de que oxigênio e hidrogênio eram seus constituintes. Nesse sentido, foram propostas as classificações oxiácido e hidrácido para ácidos que possuíam oxigênio e hidrogênio, em sua composição (PARTINGTON, 1964).

As investigações após as descobertas de Lavoisier, passaram a ser realizadas do ponto de vista quantitativo, cujo objetivo era definir a composição das substâncias (ELIZABETH WEINHARDT O. SCHEFFER, 1997). Entre elas, destaco: (1) Proust (lei das proporções constantes); (2) Dalton (composição de compostos químicos); (3) Richerl (utilizou a matemática na interpretação das análises químicas); (4) Berzelius (combinação de átomos na formação de compostos); (5) Gay-Lussac (desenvolveu o conceito de isomeria); (6) Avogadro (Lei de Avogadro); (7) Guldberg e Waage (Lei da

Ação das Massas); (8) Mayer (Primeiro Princípio da Termodinâmica); (9) Volta (invenção da pilha elétrica), (10) Kekulé (elucidação da estrutura do benzeno); e por fim (11), na indústria química, a fabricação do ácido sulfúrico fumegante (VIDAL, 1986; SCHEFFER, 1997; OKI, 2006; GREENBERG, 2009).

Amparado pelos trabalhos de Williamson, Clausius e Kohlrausch, o químico Svante August Arrhenius defende sua tese em junho de 1883, onde sustentou a Teoria da Dissociação Eletrolítica⁴¹ (ARRHENIUS, 1884; BERG, 2006). Uma das suas principais ideias, era propor que o mecanismo pelo qual ácidos e bases interagiam para neutralizar um ao outro era através da formação de água e sal apropriado. Para ele, a água se formava a partir da colisão entre dois íons distintos H e OH dotados de movimento (ARRHENIUS, 1884).

Ou seja, para Arrhenius a explicação em torno do calor de neutralização de um ácido por uma base era a “[...] transformação de uma base e de um ácido perfeitamente ativos [dissociados (ARRHENIUS, 1887a, 1887b)], em água e sal [...]”, de maneira que a água “se forma pela colisão de dois íons H e OH dotados de movimento” (ARRHENIUS, 1884, p. 72).

Após três anos de sua defesa, Arrhenius buscou defender com consistência o conceito de dissociação molecular:

Entendida como divisão de uma molécula em átomos – e, então, os termos íon e parte ativa foram usados igualmente”. Além disso, foram apresentadas equações químicas relativas à reação de neutralização ácido-base, a exemplo de: $(\text{NaOH}) + (\text{HCl}) = (\text{H}_2\text{O}) - [\text{Na}] - [\text{Cl}]$, na qual os parênteses indicam moléculas neutras e os colchetes indicam íons (LIMA; SILVA, 2020, p. 173).

De acordo com os autores, a escrita da referida equação só ocorreria no *Textbook of Electrochemistry* (ARRHENIUS, 1902), escrito como notas de aula de 1887 e na Conferência Nobel (ARRHENIUS, 1903). Para Arrhenius, um ácido era um eletrólito que dissociava em água, uma espécie eletroquimicamente ativa. De acordo

⁴¹ Nota-se, nessa tese, que não há sequer uma equação química vinculada ao processo de dissociação eletrolítica (LIMA; SILVA, 2020).

com sua teoria, ácido e base forte, e sais, em diluição, dissociam quase que completamente em seus íons. O estudo da dissociação eletrolítica ilustra uma importante época da História da Química, que no final do século XIX, quando a própria natureza do produto químico começa a mudar (BERG, 2003). Sobre a condutividade elétrica:

Arrhenius propôs que a solução salina deve consistir de uma parte ativa (ionizada) e uma parte inativa (não ionizada), aumentando a proporção da parte ativa com a diluição. No valor limite de condutância, todas as moléculas devem existir em sua forma ativa ou ionizada. Assim, um sal, AB, pode existir como moléculas undissociadas, AB, e na forma de seus íons, A⁺ ou B⁻, de modo que um equilíbrio, $AB \leftrightarrow A^+ + B^-$, exista em qualquer solução salina em água. Na diluição infinitiva, toda a solução de sal existiria como A⁺+ B⁻ (...). Assim a condutividade elétrica recebeu uma interpretação iônica de Arrhenius (BERG, 2003, p. 399).

O que se pode perceber, com o trabalho de Arrhenius, é que para ele, os conceitos ácido-base não eram vistos como problemas; pelo contrário, sua preocupação estava voltada para explicar a condutividade de soluções ácidas e básicas com o calor de neutralização, mas contribuiu com a noção de que os ácidos eram formados por compostos de hidrogênio (BERG, 2003; LIMA; SILVA, 2020).

Outro aspecto, consiste em apontar que, em seus trabalhos⁴², Arrhenius não chamou atenção para as maneiras de como se deve definir ácido e base. Em 1903, Richard Abegg publicou o livro *The Electrolytic Dissociation Theory* (ABEGG, 1907), onde coloca que:

A teoria da dissociação, no entanto, nos define essas substâncias tais como aquelas que contêm H ou OH na forma de íons como resultados da dissociação eletrolítica e torna claro de uma vez o modo de nos informar em relação ao grau das propriedades ácidas e básicas de um composto, pela determinação da concentração desses íons H⁺ ou OH⁻ característicos (ABEGG, 1907, p. 5).

⁴² Para uma análise mais profunda, ver os trabalhos de Arrhenius (1884, 1887a, 1902, 1903, 1912).

Com isso, os conceitos ácido e base se modificam, dando lugar a interpretação de que tais conceitos emergem de certa forma, do caráter constitucional. Em outras palavras, cria-se a ideia de que as características dos ácidos remetem ao elemento químico Hidrogênio, ou seja, este deveria estar ionizado em água. Aqui, um aspecto importante para se destacar: o critério constitucional é adicionado ao comportamental. Conserva-se a perspectiva de que ácido e base se neutralizam, formando sais.

Vale destacar que, os conceitos ácido e base, propostos por Arrhenius não surgiram das limitações apresentadas pelas propostas de conceitos anteriores, mas da sua interpretação com base em sua teoria investigada, ou seja, da condutividade elétrica de soluções eletrolíticas com base em ácidos, bases e sais.⁴³

Quatro anos depois, Alfred Werne amplia o conceito de base de Arrhenius. Segundo o autor, as bases “têm a capacidade de se ligar aos íons hidrogênio da água, e desta forma, perturbar o equilíbrio entre a água e os seus íons por absorção de íons hidrogênio, o que resulta em um aumento da concentração de íon hidroxila” (WERNER, 1913, p. 262–263). Em grande medida, as bases em água, gerariam íons hidroxilas.⁴⁴ De forma análoga, creditou-se aos ácidos: “todo composto de adição formado com água que, em solução aquosa, dissocia em hydrion [íon hidrogênio associado com molécula de água]” (WERNER, 1911, p. 205).

Alguns anos depois, tais perspectivas são ampliadas pelos conceitos de Johannes Bronsted e Thomas Lowry. A partir do conhecimento sobre ligações químicas, Lowry destacou que:

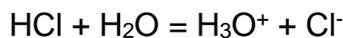
É comumente sugerido que os álcalis ou bases são tão únicos quanto os ácidos e que o íon hidroxila ocupa uma posição peculiar tanto quanto o íon hidrogênio. Isto, entretanto, é uma visão limitada, baseada no fato de que a maioria do nosso trabalho químico é realizado em presença de água, senão em soluções aquosas,

⁴³ O ensino desses conceitos com base em Arrhenius deve ocorrer com base em outros conceitos valorosamente importantes para sua compreensão, tais como modelo atômico, ligações químicas, soluções, dentre outros, conforme apresento na seção a seguir com a ideia de conceito estruturante. Esse ponto precisa estar claro no ensino dos conceitos ácido-base.

⁴⁴ A limitação do trabalho desenvolvido por Werner, é que sua definição de base se restringe ao meio aquoso.

realmente. A verdadeira função de uma base é a de um acceptor de núcleos de hidrogênio [...] (LOWRY, 1923a, p. 46).

Ou seja, conforme a perspectiva de Lowry, a ionização de um ácido, poderia ser representada segundo a equação a seguir:



Para Lowry (1923b), a molécula de água poderia receber íons H^+ , de maneira que a ionização de um ácido fosse produto da transferência de próton do ácido não dissociado na água. Mas, foi na definição de Gilbert Lewis (1875-1946), que Lowry constatou a ampliação deste conceito para meios não aquosos: “Uma substância básica é aquela que possui um par de elétrons solitário que pode ser usado para completar o grupo estável [de elétrons] de outro átomo” (LEWIS apud LOWRY, 1923b, p. 1051). Paralelamente, um ácido de Lewis seria àquela “que pode empregar um par de elétrons solitário de outra molécula para completar o grupo [de elétrons] estável de seus átomos” (LEWIS apud LOWRY, 1923b, p. 1051).

Soma-se, ao trabalho de Lowry, as perspectivas de Bronsted. Para este autor, tanto os ácidos quanto as bases não deveriam estar restritos a nenhum solvente. “Ácidos e bases são substâncias capazes de liberar ou absorver íons hidrogênio, respectivamente” (BRONSTED, 1923, p. 719).

Bronsted foi o primeiro autor a considerar o conceito de par ácido-base (LIMA; SILVA, 2020). Após as perspectivas de Bronsted e Lowry, outras teorias foram propostas. Entre elas, destacam-se: ácido e base para óxidos em altas temperaturas (em 1939, por Hermann Lux), o modelo ianotrópico (GUTMANN, 1968), Usanovich, ampliou os conceitos anteriormente propostos para mais gerais, e assim por diante.

Por fim, Lewis realizou críticas aos trabalhos de Arrhenius em função do seu pouco grau de generalidade. Em 1938, propôs que “uma molécula básica é aquela que tem um par de elétrons que pode entrar na camada de valência de outro átomo; uma molécula ácida é aquela que é capaz de receber tal par de elétrons na camada de um de seus átomos” (LEWIS, 1938, p. 294).

4.3 UMA ABORDAGEM GERAL SOBRE A IDEIA DE CONCEITOS

Nesta seção, será realizada uma abordagem geral sobre conceitos, tendo como referência o livro do Hardy-Vallée (2013) intitulado *Que é um conceito?* Embasada pelas ideias de Vigotski, irei dissertar sobre as possíveis relações psicológicas envolvidas nos conceitos de ácido-base. A principal referência tomada de Vigotski (2010) é o livro *A construção do Pensamento e Linguagem*.

Para ilustrar este pensamento, suponha o cenário em que uma aluna do primeiro ano do Ensino Médio faz a seguinte pergunta em sala de aula: professora – a bala de gengibre pode ser classificada como ácida ou básica? Neste momento, a professora se encontrava apagando o quadro para iniciar sua aula, que não era sobre esse tema, porém reflete sobre qual conceito de ácido-base a aluna deve estar se referindo. Esse é apenas um dos exemplos em que o conceito de ácido-base pode ser usado, mas para isso, é necessário saber qual conceito a aluna está se referindo, uma vez que ele sofreu muitas alterações ao longo do tempo. A importância do estudo de ácidos e bases é destacada por Chagas (1999, p. 28) ao considerar que, “esse tema traz muitas facetas interessantes: é parte do conteúdo usual do ensino médio e é relativamente simples do ponto de vista histórico, pois sua evolução se faz de maneira linear ao longo do tempo.”

4.3.1 O critério de um conceito

De acordo com Hardy-Vallée (2013), o *critério* de um conceito é o conjunto de regras que delimitam e servem para classificar algo em um conceito. Ele distingue dois tipos de critérios de categorização – o Fregiano e o Analógico. O primeiro está diretamente relacionado com a descrição daquilo que ele chama de condições necessárias e suficientes (CNS). Embora a necessidade seja de cada característica individual, a suficiência é do conjunto das características, é coletiva.

No critério Fregiano um conceito pode ser descrito por várias condições necessárias e suficientes (critério descritivista) ou por um coletivo delas que incorpore, além das CNS parciais consideradas por um indivíduo, àquelas inteiramente consideradas pela coletividade (critério não descritivista). Já o critério Analógico, não se limita às CNS, não analíticas, mas por semelhança ou analogia (HARDY-VALLÉE, 2013). Nesse sentido, a palavra transmite algo, é um mediador de significado que representa algo. Para Vigotski (2010, p. 398), “a palavra desprovida de significado não é palavra, é um som vazio. [...] e que do ponto de vista psicológico o significado da palavra não é se não uma generalização ou conceito. Generalização e significado da palavra são sinônimos.”

Portanto, no processo de formação de conceitos, a palavra é o signo, (meio fundamental de orientação e domínio nos processos psíquicos). Nesse sentido, somente o estudo do uso funcional da “palavra e do seu desenvolvimento, das suas múltiplas formas de aplicação qualitativamente diversas em cada fase etária mais genericamente inter-relacionadas, pode ser a chave para o estudo da formação de conceitos” (VIGOTSKI, 2010, p. 162).

Ainda, para Vigotski, existem os conceitos *espontâneos*, que são aprendidos pela experiência do indivíduo. Para este autor, o significado do termo experiência inclui aprender uma palavra que não tem conceito empírico. Já os conceitos *científicos*, são mais elaborados e adquiridos de modo consciente pela abstração. O conceito espontâneo está relacionado ao conceito científico, de forma que ambos “crescem” de formas opostas como descrito a seguir:

Se designássemos convencionalmente como inferiores as propriedades do conceito mais simples, mais elementares, que amadurecem mais cedo, designado como superiores aquelas propriedades mais complexas, vinculadas à tomada de consciência e à arbitrariedade e que se desenvolve mais tarde, poderíamos dizer convencionalmente que o conceito espontâneo da criança se desenvolve de baixo para cima, das propriedades mais elementares e inferiores às superiores, ao passo que os conceitos científicos se desenvolvem de cima para baixo, das propriedades mais complexas e superiores para as mais elementares e inferiores (VIGOTSKI, 2010, p. 347-348).

Ou seja, não se trata apenas que os conceitos científicos sejam superiores aos espontâneos, mas que ambos cresçam de formas opostas.

4.3.2 Aquisição e formato de um conceito

De acordo com Hardy-Vallée (2013), a *aquisição* é como se adquire o conceito, como vimos por Vigotski, se for por meio experiencial pode se tratar do conceito espontâneo. Enquanto o *formato* refere-se à forma de obtenção desses conceitos, se por semelhança, se partindo de um caso particular, buscando generalizá-lo a outros casos. Verifica-se, de acordo com Hardy-Vallée (2013), que ambos, podem assumir quatro das visões: empirista, racionalista, pluralista ou analítico-linguístico.

No empirismo, acredita-se que todos os conceitos são adquiridos através da experiência, mesmo os conceitos mais abstratos ainda assim são adquiridos indiretamente pela experiência; os racionalistas até consideram a sensação, mas não de forma radical. Estes defendem que existem conhecimentos intelectuais e conhecimentos sensíveis, e que a sensação é uma ideia imperfeita; para os pluralistas, o formato de alguns conceitos pode ser empírico e outros não. E que a aquisição do conhecimento pode ocorrer pela experiência, pela sensação, mas que os conhecimentos não são derivados da experiência; não iniciam, não partem dela; a categoria analítico-linguística, o formato de um conceito provém de uma categoria linguística, e um conceito é adquirido quando se aprende uma língua.

Nesse sentido, concordo com a concepção pluralista, quanto ao formato de que alguns conceitos podem ser empíricos, mas que outros não. No caso do conceito de ácido, as primeiras ideias partiram e permaneceram no empirismo – sabor azedo, ou a capacidade de corroer metais.

Há ainda os conceitos de ácido que dependem indiretamente da empiria e requerem maior grau de abstração, como os conceitos de Arrhenius e Bronsted-Lowry, que envolvem a capacidade de produzir cátions em solução. No entanto, o sabor não é característica desses conceitos, nem é pela experiência que se chega a produção de cátions, mas pela condutividade elétrica.

De acordo com Vigotski (2010), os métodos tradicionais de estudo dos conceitos dividem-se em dois grupos básicos – definição e abstração. O primeiro tem como principal função investigar os conceitos já formados na criança através da definição verbal de seus conteúdos, por isso não contempla o processo de formação dos conceitos. O segundo tenta superar as deficiências do método anterior, e estudar “as funções e processos psicológicos que fundamentam o processo de formação de conceitos com base na elaboração da experiência direta de onde nasce o conceito” (VIGOTSKI, 2010, p. 152).

4.3.3 Organização de um conceito

Todo conceito tem uma *organização* com os demais conceitos aos quais ele se relaciona. Para Hardy-Vallée (2013) a organização de um conceito pode ser estruturada verticalmente, contemplando hierarquicamente os diferentes níveis de inclusão; e horizontalmente, contemplando os conceitos que estão em um mesmo nível de inclusão. Análogo a isso, Vigotski sistematizou os conceitos em inferiores e superiores. Ele exemplifica o sistema de conceitos citando diferentes tipos de flores (rosa, crisântemo etc.) que estariam no mesmo nível de sistematicidade, ao passo que o conceito de flor é mais amplo.

Fazendo uma analogia com o conceito de ácido, e sabendo que o conceito de ácido de acordo com Arrhenius é a substância capaz de produzir íons H^+ em água, e que para Bronsted-Lowry esse conceito é referente a substância que atua como doadora de próton H^+ , independente do meio ser aquoso ou não. Portanto, o conceito de ácido de acordo com este critério é mais amplo para o conceito de ácido por Bronsted-Lowry que por Arrhenius.

Analogamente, utilizando esse critério, outras teorias ácido-base ensinadas nas escolas também são mais amplas. Chagas (1999) escreveu historicamente essas teorias e sistematizou por meio do diagrama de Veen.⁴⁵ Brevemente, um ácido

⁴⁵ As teorias foram sinalizadas na Figura 5 no tópico 2.3.

conforme a teoria de Lux é um receptor de íon óxido O^{2-} , e a base um doador desse ânion.

Um ácido de acordo com a Teoria Protônica (elaborada por Bronsted-Lowry) é um doador de próton H^+ ; A Teoria do Sistema de Solventes considera que todo solvente sofre uma auto-ionização gerando um cátion (ácido) e um ânion (base); contudo, essa teoria também é mais abrangente que a de Arrhenius, pois não se limita ao meio aquoso. No entanto, segundo a teoria Ionotrópica, Chagas (1999, p. 30) a entende como uma generalização das teorias de sistemas solventes e de Lux, uma vez que considera um ácido consequência da combinação de uma base com um cátion característico, enquanto a base é a combinação de um ácido com um ânion característico. Ou seja, nessa teoria, uma espécie considerada ácida é independente do meio ser aquoso, e do ânion ser O^{2-} , pode ser em outros meios e envolvendo outros ânions, o que importa é envolver um ânion que geralmente é relativo ao solvente, ou seja, que pode ou não envolver a auto-ionização deste solvente.

De maneira semelhante, o conceito de ácido pela teoria eletrônica é a de espécie química receptora de pares de elétrons, ao passo que a base é doadora. E na Teoria de Usanovich, um ácido é a mais ampla de todas “espécie que reage com base para formar sais, doando cátions ou aceitando ânions ou elétrons” (CHAGAS, 1999, p. 30).

Vigotski estudou o desenvolvimento cognitivo em diferentes fases etárias, e observou que “o ponto central da diferença entre o conceito espontâneo na criança e o conceito do adulto reside na falta de sistematicidade da criança e na sistematicidade do adulto” (VIGOTSKI, p. 380), ou seja, o adulto tem essa consciência de organização dos conceitos, e a criança não.

Nas palavras de Vigotski a inconsciência significa “ausência de generalização, ou melhor, atraso no desenvolvimento dos sistemas de relações de generalidade. Deste modo, espontaneidade e não consciência do conceito, espontaneidade e ausência de sistema são sinônimos” (VIGOTSKI, 2010, p. 384). O aluno quando usa o conceito espontâneo, não sistematiza, não generaliza e não supera o uso palavra em um caso particular.

No caso do conceito de ácido, é considerado espontâneo as ideias do senso comum quando classificam ácido como substâncias corrosivas, azedas como o suco concentrado do limão, sem se refletir na sistematicidade das teorias históricas sobre ácido, sobre a possibilidade de associar o comportamento macroscópico com o sub-microscópico, ou seja, com a produção de cátions ou aceitação de ânions, ou de elétrons. Por isso, a pergunta: de qual conceito de ácido estamos falando? E se para Figueiras (2010) mesmo após muitos anos de escolaridade, os estudantes mantêm suas concepções alternativas, e ficam restritos ao conceito de Arrhenius!

4.3.4 Função de um conceito

Segundo Hardy-Vallée (2013), a *função* de um conceito pode ser epistemológica, pois determina a maneira como o agente conhece. A função epistemológica pode ser de três tipos: gnosiológica, inferencial e linguística. A gnosiológica se baseia na forma de conhecer o mundo que normalmente é por categorização; a inferencial parte das transições de uma ideia ou de uma representação para outra segundo uma determinada regra. Por último tipo, a linguística que se baseia nas relações de semântica (sinonímia, antonímia, tradução ou implicação). Outro tipo de função de um conceito é a metafísica, a qual se detém na natureza.

No caso da função do conceito de ácido, observa-se que quando um aluno após ter tido acesso aos conhecimentos sistematizados sobre ácido opta por utilizar as ideias de ácido do senso comum, normalmente corrosivo e sabor azedo, só pode significar duas coisas: ou ele não aprendeu, ou ele preferiu continuar usando essas ideias por terem uma dimensão macroscópica.

Ao aplicar no cotidiano a classificação de ácido a substâncias corrosivas, ele pode estar fazendo uma generalização, uma vez que a maioria das substâncias ácidas são corrosivas – seria a função epistemológica inferencial. No entanto, sabemos que essa generalização é leviana, uma vez que também existem bases altamente

corrosivas como, a partir da teoria de Arrhenius, a soda cáustica, porém para o senso comum, é um ácido justamente por isso.

4.3.5 O invariante de um conceito

Considerando que “o invariante recebe geralmente duas acepções: uniformidade e estabilidade” (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 23), a aplicação do invariante ao conceito de ácido remete, na primeira acepção, a cada propriedade que se aplica aos ácidos. O que inicialmente se acreditava ser ácido tudo o que tinha sabor azedo ou picante, eliminaria todos os materiais de demais sabores. No entanto, como químicos sabemos que não podemos saborear todas as substâncias, pois algumas podem ser letais, então o critério sabor não é mais seguro para identificar e classificar as substâncias em ácidas ou não.

A segunda acepção é a estabilidade, onde o critério usado na identificação de uma substância como ácida pode variar pela decomposição com o tempo. Então o sabor, por não possuir estabilidade nos materiais devido à sua decomposição com o tempo, não é um invariante do conceito de ácido. Analogamente, a corrosividade, tem sido entendida como uma característica conceitual de ácido, conforme destacou Oliveira (2008) ao fazer pesquisa por meio de questionário com alunos do ensino médio, onde seus resultados revelaram que os estudantes apresentaram muitas das concepções alternativas encontradas na literatura, notadamente a ideia de que os ácidos são corrosivos.

Vejamos então os conceitos de ácido, como o conceito de Arrhenius: substância que em água produz íon H^+ (H_3O^+). Essa definição já é restrita ao meio aquoso, e apesar dessa restrição ela é aplicável a todas as substâncias que em água produz H^+ .

Ainda sobre o invariante, termo de difícil compreensão, pois o invariante pode ter três conotações – psicológica, metafísica ou linguística. Na conotação psicológica temos a fundamentação em Descartes e Kant. Para Descartes, de forma muito geral,

o invariante tem uma percepção e uma concepção das coisas. “O conceito em Kant, é uma espécie heteróclita: não existe só um tipo de conceito, mas três” (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 33), que são os empíricos, os delimitados pelas categorias do entendimento (quantidade, qualidade, razão e modalidade), e as ideias da razão. Hardy-Vallée (2013) também se embasa no conceptualismo Kantiano para descrever os três tipos de invariantes psicológicos de um conceito que são, respectivamente, o conceptual que deriva de um conceito empírico; o conceitual, que está relacionado com a categoria do entendimento, da lógica; e o esquema é outra forma de invariante, a qual é de cunho procedimental, ou seja, “o que varia de um objeto a outro é o procedimento que aplica o conceito ao percepto do objeto” (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 41).

Há a conotação metafísica do invariante é aquela que evidencia a importância física do objeto que se deseja conceituar ou do pensamento. E a conotação linguística do invariante, que evidencia o caráter social do invariante, com o exemplo da água que só pode ser H₂O no planeta em que se aceita, se decodifica a água como sendo H₂O e não XYZ ou qualquer outra forma de representação semelhante para o mesmo material, a mesma coisa.

Vale ressaltar, que o entendimento acerca do termo invariante é algo muito complexo, sobretudo, pelas suas diferentes conotações. Entretanto, considero que o invariante seria algo que tem uma conotação na mente, que pode ser apresentado como objeto e assim ser descrito pelas suas características físicas, associado a uma linguagem e traduzida pelos signos, as representações. Em meu entendimento, a aplicação de um conceito deve ser realizada para além do primeiro objeto que se teve contato para definir algo.

Portanto, entendo que o invariante apresentado inicialmente por Hardy-Vallée (2013) é algo em torno da generalização do conceito. Dialogando sobre o invariante com as contribuições de Vigotski, observa-se que ele está relacionado com a estrutura psicológica dos estudantes, ou seja, como ele constrói o conhecimento científico, que está em seu pensamento, em uma linguagem interior que pode ser externa por meio de palavras, de signos.

4.3.6 Discutindo o contexto à luz de Hardy-Vallée e Vigotski

Retomando o contexto da professora quando indagada sobre a possibilidade de a bala de gengibre ser ácida ou básica, irei analisar os fatores que delimitam um conceito de acordo com Hardy-Vallée (critério, aquisição e formato, organização, função e invariante) articulando com as posições teóricas de Vigotski.

Quanto ao *critério* do conceito de ácido, posso inferir que a referida professora ao analisar a pergunta da aluna sobre a bala de gengibre ser ácida, ela deve investigar em qual sentido a aluna entende o que é um ácido. Qual o significado de ácido para a aluna ao fazer essa pergunta? Qual o critério usado por ela (a aluna) para pensar na possibilidade dessa bala ser ácida? O importante agora é ter o entendimento que a palavra é um signo e que transmite o significado de algo. Aqui, esse algo será o conceito ácido.

Quanto a *aquisição e formato* de um conceito é algo muito particular da obtenção do conceito pela aluna, por isso, não podemos fazer maiores inferências. No entanto, quanto a *organização*, observamos no diagrama de Veen da Figura 5 que existem os conceitos de ácido verticais (Usanovich, eletrônica, ionotrópica, Arrhenius e Luz) e horizontais (protônica, Arrhenius e sistema de solventes).

Analogamente, o emprego da *função* de um conceito pode ser relacionado com o tipo de conceito usado por um indivíduo. Por exemplo, por mais que um adulto saiba o conceito de ácido de Arrhenius como substância que em água produz íons H^+ , que de acordo com Vigotski é um conceito científico, quando ele se depara com uma situação como a da aluna que pergunta a professora se bala de gengibre é ácida, pode ser que o primeiro pensamento que lhe ocorra para responder à pergunta, seja o sabor azedo, que é uma concepção inicial sobre ácidos.

Portanto, a função de um conceito espontâneo se torna muitas vezes predominante em detrimento de um conceito científico. Muitas vezes os conceitos de ácido que prevalecem para os alunos são conceitos do senso comum, de suas experiências, por exemplo, com materiais corrosivos; ou com materiais com sabor

azedo. Por mais que eles tenham acesso a outros conceitos mais elaborados na escola pelo método de definição, esses conceitos são aceitos como verdade, mas não aplicáveis por eles. Esse seria classificado por Vigotski como sendo o pensamento por complexo, dependendo da evolução desse pensamento, se o aluno consegue partir de um caso particular e generalizar alguns casos, ele pode chegar a um nível de formação do *pseudoconceito* (a qual é um tipo de pensamento por complexo) e que seria algo mais próximo do conceito científico, sendo este último de ampla generalização.

Sobre o invariante, e relacionando com o caso da aluna e da professora, temos duas mentes: a da aluna, que possivelmente faz a pergunta sobre a possibilidade de a bala de gengibre ser ácida por meio de suas experiências, que remete a um pensamento a-sistêmico, possivelmente se tratando de um conceito espontâneo. Enquanto a professora busca entender em qual nível de desenvolvimento cognitivo, sobre o conceito de ácido, se encontra a referida aluna. Desta forma, a professora poderá buscar elementos lógicos para poder responder à pergunta da aluna de forma que ela compreenda a importância da sistematicidade dos conceitos científicos, em sua sistematicidade, para a elaboração da resposta.

De modo geral, a abordagem sobre a ideia de conceitos em Hardy-Vallée, pode ser representada com base na Figura 17 a seguir:

Figura 17 – Abordagem geral de conceitos baseados em Hardy-Vallée.



Fonte: Elaboração própria embasada em Hardy-Vallée (2013).

Como se pode perceber, procurei situar no espectro da epistemologia da Química, uma análise conceitual em ácido-base a partir da aproximação entre os referenciais adotados, com destaque para as obras: *A construção do pensamento e da linguagem*, de Lev Vigotski e *Que é um conceito?* De Benoit Hardy-Vallée.

4.4 ÁCIDO-BASE: DOIS CONCEITOS ESTRUTURANTES DA QUÍMICA

O conceito ácido-base é de grande relevância para a Química. Sua ideia é tão importante que é difícil deixar de não a associar imediatamente a essa ciência. Seja nas pesquisas sobre reações químicas, na química computacional; seja no arcabouço conceitual mais básico dessa ciência, como os conceitos de equilíbrio químico, estrutura molecular, ligação química, dentre outros; a Química moderna está ancorada na ideia de ácido-base e nas diferentes teorias propostas ao longo da história.

Entendo que sistematizar é organizar os conceitos em relação a outros. Amparada pelas perspectivas teóricas de Gagliardi (1986,1988) e de Maria Emília C. C. Lima e Luciana C. Barboza (2005), argumento que para entender esse sistema conceitual é necessário compreender os conceitos ácido-base como estruturantes para o pensamento químico e que pode ter como uma das ideias estruturadoras o conceito de reação química, já que estes se relacionam e influenciam diretamente outros conceitos químicos (equilíbrio químico, por exemplo). Além disso, tais conceitos foram fundamentais para o desenvolvimento da Química, a elaboração de teorias, modelos, e assim por diante.

Para Gagliardi (1988), os conceitos estruturantes são um meio para superar obstáculos epistemológicos e uma base para continuar aprendendo. Nesse sentido, tais conceitos devem ser determinados com base na análise de teorias científicas produzidas ao longo de sua história. Para este autor:

A história das ciências permite visualizar quais são os conceitos que permitem a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos, e novos instrumentos conceituais (GAGLIARDI, 1988, p. 294).

Dialogando com Gagliardi (1986, 1988), Maria Emília C. C. Lima e Luciana C. Barboza (2005) acrescentam que os conceitos estruturantes são aquelas ideias que gravitam em torno das estruturadoras. Segundo essas autoras, as ideias estruturadoras “são aquelas que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (MARIA EMÍLIA C. C. LIMA; LUCIANA C. BARBOZA, 2005, p. 40).

Em vista disso, considero que os conhecimentos sobre ácido-base se alinham também com as concepções de conceitos estruturantes e ideias estruturadoras propostas por Gagliardi (1986,1988), e Maria Emília C. C. Lima e Luciana C. Barboza (2005), uma vez que elas fazem parte do processo de construção, da natureza e do pensamento químico. Nesta perspectiva, penso que o entendimento do seu sistema de conceitos pode contribuir com o processo de ensino-aprendizagem desses conceitos em Química.

Nesse trabalho, sustento que os conceitos ácido-base podem ser entendidos como conceitos estruturantes da Química, uma vez que eles são relevantes para o desenvolvimento da História da Química, se relacionam e influenciam também outros conceitos estruturantes. No que concerne a história:

A formulação de diversos conceitos para ácidos e bases deixa clara a própria estrutura da ciência, enquanto produtora de modelos para a interpretação da realidade. Uma vez que cada modelo apresenta suas limitações surgem novos modelos que tentam ser mais precisos, porém estes ainda apresentaram limitações – a ciência não é a realidade, é uma descrição possível sobre ela. A diferença entre os conceitos de ácido e base deixa claro isso. Uma nova conceituação não surgiu por ser “errada”, mas sim por ter limitações ou não se adequar a um determinado contexto, o que não a “inviabiliza” para o contexto inicial. Por isso ainda usa-se os diversos conceitos a depender dos objetivos (NUNES *et al.*, 2015, p. 56).

Desta forma, penso que o conhecimento sistematizado sobre conceitos ácido-base (conceitos estruturantes) e reação química (conceito estruturador) – contribui para o processo de ensino-aprendizagem em Química. Ademais, amparada em Maricleide Pereira de Lima Mendes (2011), Maria Emília C. C. Lima e Luciana C. Barboza (2005), concordo que reação química é um dos temas estruturadores da

química, pois se relaciona e influencia outros conceitos. Assim como coloca Maricleide Pereira de Lima Mendes (2011), ao apontar que este tema se relaciona com cinco de nove outros temas estruturadores em diferentes níveis de complexidade apresentados no PCNEM⁴⁶(BRASIL, 2002). Além disso, existe o reconhecimento que o conceito reação química, inter-relacionado com outros conceitos químicos, é estruturador do conhecimento químico, sendo abordado no nível Médio e Fundamental, colaborando para aprendizagem de outros conceitos (MARICLEIDE PEREIRA L. MENDES, 2011).

Em outras palavras, ácido-base – como conhecimento sistematizado – contribui para a compreensão de parte de outros conceitos químicos, conforme sustenta a História da Química, um dos focos da sistematização do pensamento químico. A partir do tema estruturador – reação química – outros conceitos químicos estruturantes gravitam em torno dele, entre eles, destaco: Ácido-Base⁴⁷. Seguindo a perspectiva de Maria Emília C. C. Lima e Luciana C. Barboza (2005), posso inferir que o conceito reação química além de ser central na atividade dos químicos é também uma ideia que estrutura o estilo de pensamento químico.

De acordo com as autoras, os conceitos como átomo, molécula, reação química (assim como tantos outros), devem fazer parte do instrumental mental de qualquer aluno ao sair da escola. Sobre este aspecto, penso que a escola tem um papel fundamental na apropriação do conhecimento sistematizado e deve ser um instrumento de acesso para o saber produzido pela Química. Com isso, sustento que o papel da escola consiste em fazer com que um aluno possa se apropriar de um conceito de forma sistematizada que em nenhum outro espaço social poderá

⁴⁶ Maricleide Pereira de Lima Mendes (2011), amparada em Brasil (2002), destaca que o tema estruturador reação química se relaciona com cinco dos nove temas estruturadores no Ensino de Química: 1. Reconhecimento e Caracterização das Transformações Químicas; 2. Primeiros Modelos de Constituição da Matéria; 3. Energia e Transformação Química; 4. Aspectos dinâmicos das Transformações Químicas; 5. Química e Atmosfera; 6. Química e Hidrosfera; 7. Química e Litosfera; 8. Química e Biosfera; 9. Modelos Quânticos e Propriedades Químicas. Para a autora: “o primeiro trata do reconhecimento das transformações químicas por meio de fatos ou fenômenos; o segundo e o nono abordam os diferentes modelos de constituição da matéria criados para explicá-la; o terceiro trata das trocas de energia envolvidas nas transformações; e o quarto, a dinâmica dos processos” (MARICLEIDE PEREIRA DE LIMA MENDES, 2011, p. 28-29).

⁴⁷ Acredito, assim como Vigotski (2001), que a generalização é uma das mais importantes formas de conhecimento científico, um processo de transição para um nível mais elevado de abstração.

proporcionar. E, nesta perspectiva, a Pedagogia Histórico-Crítica é fundamentalmente eficaz para o ensino de Química.

Aqui, estou considerando a perspectiva histórico-crítica, sendo a teoria pedagógica de base materialista histórico-dialética. Para Saviani (2011), o ambiente escolar deve ser utilizado para a aprendizagem de conceitos científicos bem como para a apropriação da cultura. Ademais:

Os conceitos científicos são fruto do que a ciência legitimou e correspondem às leis objetivas descobertas pelo gênero humano ao longo do processo sócio-histórico. Tal afirmação pode ser relacionada com a importância do trabalho educativo, pois, de acordo com os pressupostos de Saviani (2011), a especificidade da educação escolar é a transmissão-assimilação, de forma sistematizada, de conhecimentos mais desenvolvidos que foram produzidos historicamente por gerações precedentes (SAVIANI, 2011, apud LÍGIA MÁRCIA MARTINS; ANGELO ANTONIO ABRANTES; MARILDA GONÇALVES DIAS FACCI, 2016, p. 214).

Dialogando com Lígia Márcia Martins, Angelo Antonio Abrantes e Marilda Gonçalves Dias Facc (2016), em meu entendimento, é necessário que o professor de Química tenha uma formação adequada na apropriação de conceitos científicos e no desenvolvimento de nexos e as relações em torno dos conceitos ácido-base. Nesse sentido, penso que o professor deve ter clareza quanto a sistematização das relações conceituais em relação aos conceitos ácido-base, de modo a não contribuir para a difusão de confusões teórico-conceituais conforme vimos anteriormente. Caso contrário, a carência de formação sobre conceitos científicos, pedagógicos e filosóficos pode levá-lo a comprometer mais ainda o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, penso que o professor deve ajudar os alunos a compreenderem que a formação dos conceitos ácido-base envolve relações com outros conceitos, assim como coloca Vigotski:

Junto com o sistema surgem relações dos conceitos para os conceitos, a relação mediatizada dos conceitos para os objetos através de sua relação com outros objetos, e outra relação dos

conceitos para o objeto. Entre os conceitos são possíveis as conexões supraempíricas (VIGOTSKI, 2001, p. 274).

Para Vigotski (2001), fora do sistema, só cabem aos conceitos relações estabelecidas entre os próprios objetos, isto é, relações empíricas. Tais relações ocorrem entre as representações verbais dos objetos, mediadas, em grande medida, por via fonética do termo em relação ao que representa. Diferentemente da formação do sistema conceitual, ou seja, aqui ocorrem relações entre conceitos no âmbito das generalizações, as quais reforçam a via semântica do termo. De acordo com Lígia Márcia Martins (2013), tais relações resultam em modificações nas estruturas das generalizações e na complexificação do pensamento.

Ácido-base, constitui, em minha visão, um conteúdo fundamental do currículo de Química, sobretudo, para o Ensino Médio, porque permeia outros conceitos estruturadores. Tais conceitos se aplicam, por exemplo:

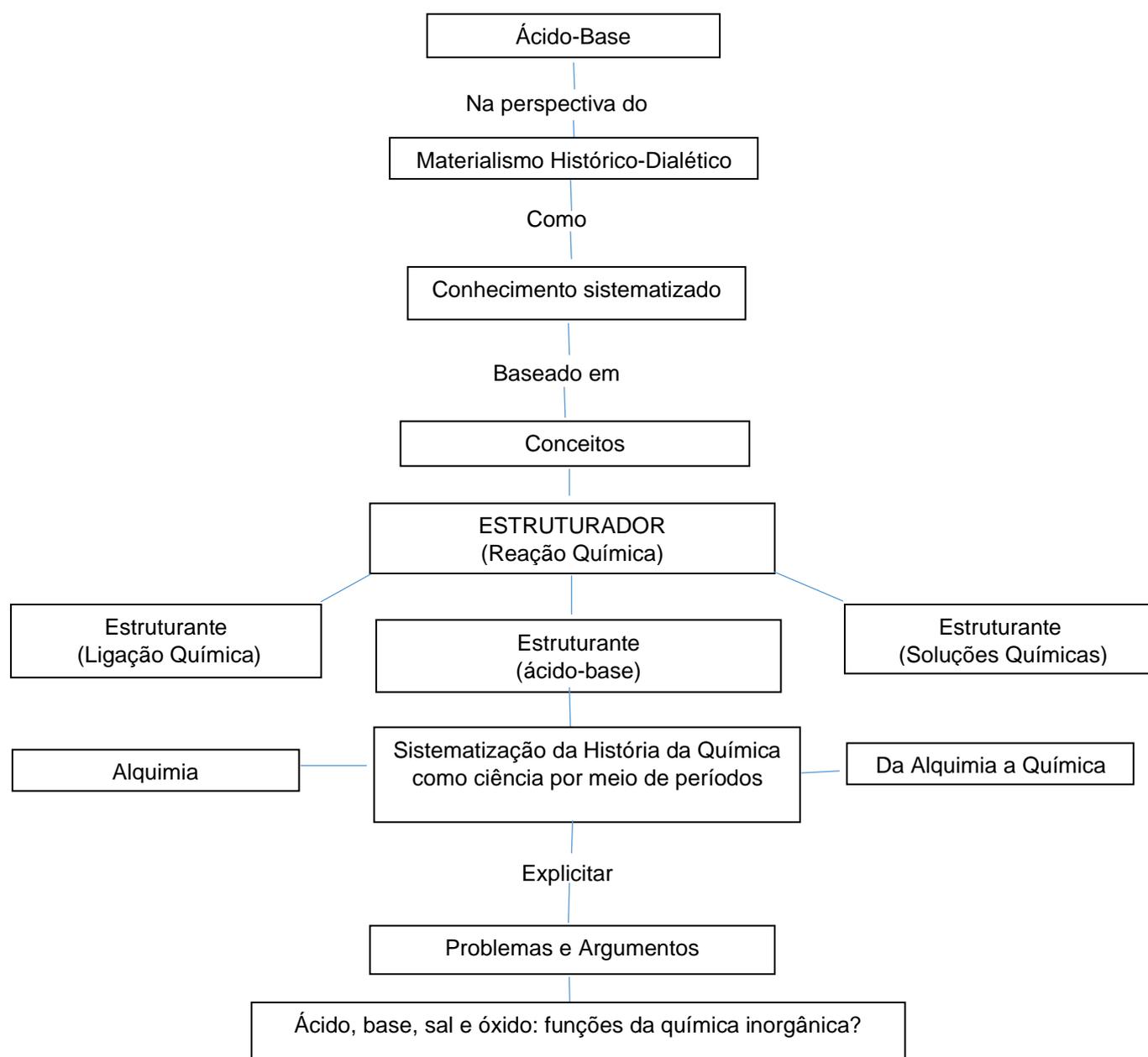
A busca por respostas de questões, como: “a solubilidade sempre aumenta com o aumento da temperatura?” ou “os resultados desse experimento correspondem às suas expectativas?”, proporcionará importantes reflexões que poderiam levar à articulação e integração de diferentes conteúdos da química. Alguns deles são o conhecimento do gás utilizado em bebidas gaseificadas, a reação envolvida no processo, o estudo de como o pH e a solubilidade se relacionam, a relação entre o pH e a concentração de CO₂, bem como explicar por meio dessa reação a variação de pH observada na prática (ALINE G. NICHELE; ANDRÉIA M. ZUCOLOTTO; EDUARDA C. DIAS, 2015, p. 314).

Ao mesmo tempo, eles estão presentes na vida cotidiana e são importantes para outros setores da sociedade. “Ácidos e bases são conceitos de especial interesse na Química, cuja história remonta períodos anteriores à própria institucionalização desta ciência, e que ao longo do tempo receberam diferentes definições” (NUNES *et al.*, 2019, p. 2). No entanto, sua centralidade e importância não os isentam de problemas e dificuldades para o processo de ensino e aprendizagem (FURIÓ-MÁS *et al.*, 2007). Tais problemas têm origem na densidade conceitual dos conteúdos ácido-base (GERUZA S. NASCIMENTO; BRUNO F. SANTOS, 2019). De acordo com Sheppard (2006), para compreender estes conteúdos, é necessária uma visão

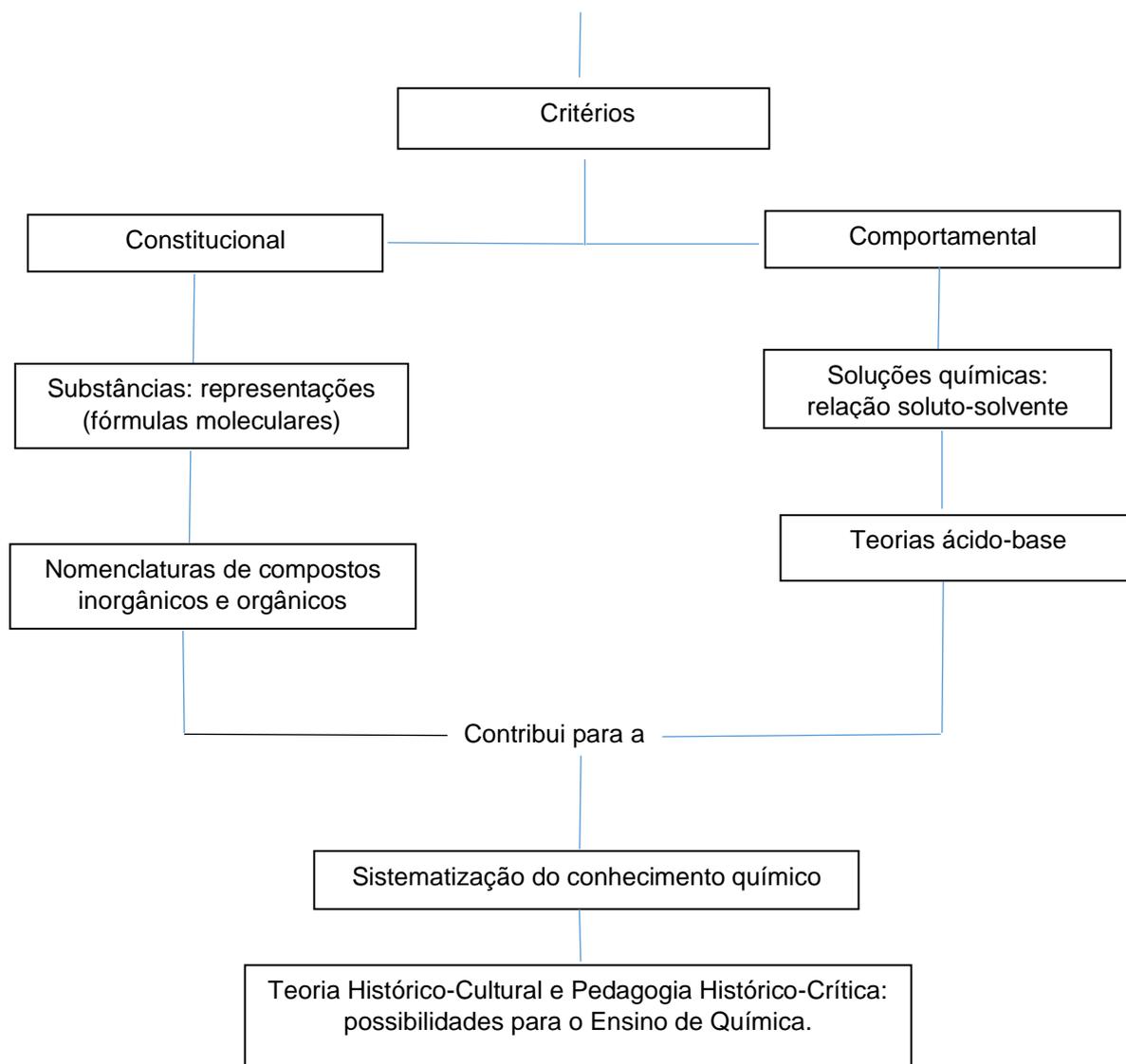
integrada de distintos aspectos da Química Geral (entre eles envolve estrutura atômica, ligações químicas, entre outros).

Por exemplo, uma possível abordagem no ensino⁴⁸ poderia ser organizada conforme a Figura 18 que proponho abaixo:

Figura 18 – Uma proposta de sistematização dos conceitos ácido-base.



⁴⁸ Nessa proposta de sistematização conceitual, os conceitos História da Química e Materialismo Histórico-Dialético apresentam-se como uma possibilidade de abordagem para o ensino de Química.



Fonte: Elaboração própria.

Considero que uma ideia estruturadora não é mais importante que uma estruturante. Ambas assumem papéis diferentes, partes de um todo que se complementam. Chamo a atenção para a importância dos conceitos ácido-base enquanto estruturantes, uma vez que eles permeiam ideias estruturadoras e estruturantes.

Além disso, sustento que a transmissão do conhecimento sistematizado contribui para a formação do homem como ser social. O sujeito, nesse sentido, não é um mero receptor, ele tem que extrair do objeto as suas características, suas leis, e assim por diante.

Ademais, sistematizar os conceitos ácido-base implicar em relacioná-los com duas possibilidades. A primeira trata dos aspectos constitucionais as quais envolvem substâncias e suas representações (ou seja, fórmulas moleculares) e que se desdobra em duas nomenclaturas: compostos orgânicos e inorgânicos. A segunda, trata do aspecto comportamental. A discussão em torno do comportamento ácido-base, se relaciona como parte e todo de uma relação. Por exemplo, o critério comportamental está associado ao comportamento de uma substância frente a outra em uma reação química.

Considerando o conceito de ácido conforme Arrhenius, ácido é toda substância que em água produz íons H^+ . Essa produção é referente a um comportamento de íons frente a água. Por isso, o critério comportamental. No entanto, o íon H^+ pode ser proveniente da referida substância classificada como ácida, isto é, fazendo parte da sua constituição (critério constitucional) ou esse íon pode ser oriundo da molécula da água.

4.5 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Nesse trabalho, observou-se a importância do clássico artigo de Campos e Silva (1999), fruto da pesquisa em ensino de Química, com reflexos para a (re) organização de conteúdos escolares no livro didático de Química. Nesse sentido:

Uma característica central da pesquisa em Ensino de Química é a sua produção de materiais que se aplicam diretamente na escola e que produzem impactos, contribuindo para o estabelecimento de mudanças no processo de ensino-aprendizagem, de forma que os estudantes adquiram uma nova visão da Química e do seu papel na sociedade (SANTOS; PORTO, 2013, p. 1574).

Embasada pelos referidos autores, propus que o desenvolvimento dos conceitos ácido-base a partir da História da Química pode contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem em Química. Sobre este ponto, Vigotski (2001) coloca que uma análise comparativa do sistema de conceitos realizada no processo

de aprendizagem pré-escolar e escolar, utiliza como fundamento desta compreensão, dois esquemas conceituais. O primeiro remete ao que já existe no sistema de aprendizagem da criança antes da escola, que o autor denomina como conceitos espontâneos. O segundo, que ele se une, interage e acaba por enriquecê-lo e modificá-lo como resultante da aprendizagem, que denomina como conceitos científicos. A etapa de fixação das mudanças dos conceitos ocorre a partir de uma etapa de explicações destes. Essa questão tem sido amplamente discutida nas pesquisas em ensino. Ou seja, se discute que não há como “jogar fora” aquilo que já se sabe.

É sobre essa base que o Vigotski (2001) visualiza a construção do processo de criação propriamente dito, que explica por meio de categorias.⁴⁹ Aqui, o processo de aprendizagem e a formação de conceitos são entendidos como um sistema, onde se considera como eixo central a história do desenvolvimento de um conceito e conexão entre conceitos espontâneos e os científicos por meio de complexos vínculos internos (VIGOTSKI, 2001). Considerando as perspectivas teóricas deste autor, penso que é isto que dá sistematicidade ao processo de aprendizagem e permite observar as distintas etapas integrantes de um processo. Ou seja, a perspectiva psicopedagógica de Vigotski nos proporciona um notório traço filosófico, pois permite obter um alto teor epistemológico.

Em meu entendimento, assim como para Silva *et al.* (2007), por natureza, o conhecimento científico é sistematizado. Tal característica faz do conhecimento científico escolar uma forma de desenvolver o pensamento. Nesse sentido, penso que o papel fundamental social da escola é a “socialização do saber historicamente produzido, tendo em vista a máxima humanização dos indivíduos, assim como sugere Lígia Márcia Martins (2015) em trabalho intitulado, *A formação social da personalidade do professor: um enfoque vigotskiano*. Nas palavras da autora:

É a finalidade emancipatória da educação que não se pode perder de vista, uma vez que ela representa o desenvolvimento da verdadeira consciência por meio da apropriação dos conhecimentos, dos conceitos, das habilidades, dos métodos e técnicas etc., de forma que

⁴⁹ Por exemplo, estágios inferiores e superiores (VIGOTSKI, 2001).

possam os homens intervir na realidade (LÍGIA MÁRCIA MARTINS, 2015, p. 22).

De acordo com Lígia Márcia Martins (2015), uma educação emancipatória considera o ato educativo como atividade através da qual os indivíduos se apropriem das objetivações humanizadoras produzidas pelos homens historicamente e socialmente, sendo esta a condição fundamental para sua humanização, e por consequência, sua emancipação. Nesse sentido, Duarte (1998) acrescenta que:

Portanto, a produção no ato educativo é direta em dois sentidos. O primeiro e mais óbvio é o de que trata de uma relação direta entre educador e educando. O segundo, não tão óbvio, mas também presente, é o de que a educação, a humanização do indivíduo é o resultado mais direto do trabalho educativo. Outros tipos de resultado podem existir, mas serão indiretos (DUARTE, 1998, p. 88).

Para Duarte (1998), o trabalho educativo é uma atividade intencionalmente direcionada para determinados fins. Por isso, diferencia-se de outras formas de educação, que não são os de produzir a humanidade no indivíduo. Quando isso ocorre em tais atividades, considera-se um resultado indireto e não intencional.

Ademais, penso também que a escola tem um papel essencial no processo de formação dos conceitos científicos. Ou seja, não basta apenas apresentar na escola os conceitos científicos para que o aluno possa conhecê-los e interpretá-los, julgo ser relevante que a produção do conhecimento possa estar a serviço de todos os indivíduos. Nesse sentido, penso, assim como Lígia Márcia Martins (2015), que buscar no materialismo histórico-dialético os fundamentos para o estudo da personalidade de professores,⁵⁰ não é uma questão apenas metodológica, mas ética e política. Acredito que este é um caminho profícuo para entender as relações conceituais de ácido-base, seu comportamento e as relações desses conceitos com outros conceitos estruturantes da Química.

⁵⁰ Este tema é analisado e discutido com profundidade pela pesquisadora Lígia Márcia Martins em trabalho intitulado *A formação social da personalidade do professor: um enfoque vigotskiano*. Nessa obra, a autora busca compreender e destacar nos marcos do materialismo histórico e dialético os componentes constitutivos da formação da personalidade do professor, naquilo em que a riqueza (ou empobrecimento) deste processo promove em relação ao fazer pedagógico.

Em uma sociedade capitalista, o professor é visto como um trabalhador qualquer, entretanto, o produto de seu trabalho não se materializa em um determinado objeto físico; o produto do trabalho educativo remete ao processo de formação da humanização dos homens, na consolidação de condições que facilitam a apropriação do saber historicamente sistematizado pelo gênero humano (LÍGIA MÁRCIA MARTINS, 2015). Concordo com a autora, pois entendo também que é na perspectiva marxista que o trabalho social tem um papel fundamental na constituição da personalidade, pois o sentido da sua existência é mediatizado através da atividade, pelo trabalho. Em outras palavras, a personalidade, está diretamente vinculada ao sentido da existência, ainda que ocorra de forma alienada.

5. CONCLUSÃO: RETROSPECTIVA E PERSPECTIVA FUTURA

O capítulo 2, intitulado *Confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base*, buscou identificar nos periódicos da área de ensino de Química e em eventos nacionais as principais confusões teórico-conceituais em torno dos conceitos ácido-base. Utilizou-se como ponto de partida para análises dessas confusões o notório trabalho de Campos e Silva (1999), intitulado *Funções da Química Inorgânica...funcionam?*

Considerou-se como as principais confusões teórico-conceituais: (1) Ácido, base, sal e óxido: funções da Química Inorgânica? (2) Regras desarticuladas de classificação; (3) Desarticulação entre as teorias ácido-base ou ausência de teoria ácido-base; (4) Reação química generalizada: ácido + base \rightarrow sal + água; e por fim, (5) Falta de contextualização. Como se pode perceber, a falta de clareza conceitual em torno dos conceitos ácido-base leva a propagação dessas confusões no processo de ensino-aprendizagem em Química.

Partindo da primeira confusão teórico-conceitual (ácido, base, sal e óxido: funções da química inorgânica?), propus o capítulo 3, intitulado *Ácidos e bases nos livros didáticos: ainda duas das quatro funções da Química Inorgânica?* Com o intuito de verificar se esta confusão ainda se propaga nos livros de Química aprovados pelo PNLD 2018.⁵¹ Dos seis livros investigados, verificou-se que apenas um mantém a classificação tradicional, conforme constataram Campos e Silva (1999), sem diferenciar os critérios de classificação (comportamental e constitucional). Observa-se, contudo, a importância da melhoria do livro didático, através da pesquisa, uma vez que ele é uma fonte de consulta do professor e estudantes.

O capítulo 4, intitulado *Ácido-base e a sistematização do conhecimento químico*, buscou defender que as confusões identificadas são um problema histórico,

⁵¹ Vale salientar que esses, foram os últimos livros estritamente de Química aprovados no Plano Nacional de Livros Didáticos de 2018. Posteriormente, com a nova reforma curricular, os livros didáticos fazem parte da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

de modo que a compreensão dos conceitos ácido-base se confunde com a própria origem da Química.

Nesse sentido, argumentei que ácido-base como conhecimento sistematizado contribui para o processo de ensino-aprendizagem em Química. Ou seja, sem um pensamento sistematizado dos conceitos ácido-base torna-se difícil sua compreensão, o que contribui também para perpetuação de confusões teórico-conceituais na área de ensino de Química. Desse modo, acredito que a sistematização contribui para organização do pensamento químico, sobretudo, quanto ao aspecto da formação de conceitos ácido-base.

O que percebi ao longo dessa pesquisa é que os conhecimentos acerca de ácido-base passaram por alterações ao longo do tempo, envolvendo inicialmente a caracterização dos materiais pelo sabor, mudança de cor em indicadores visuais, passando por critérios comportamentais e buscando sistematizá-los a partir de critérios constitucionais – é algo que faz parte da própria natureza da ciência. No entanto, apesar de Campos e Silva terem apontado em 1999 algumas confusões teórico-conceituais envolvendo ácido-base, grande parte delas ainda se perpetuam ao longo do tempo até os dias atuais, conforme exposto nessa tese, mais especificamente, nos capítulos 2 e 3.

Acredito que essa tese contribuiu para refletir sobre perspectivas futuras para investigação. Por exemplo: (1) O que são funções da Química? (2) O que são classes de compostos?⁵² (3) Quais relações poderiam ser explicitadas a partir da sistematização conceitual de ácido-base proposta? Penso em uma necessidade emergente da comunidade de educadores químicos delimitar com clareza tal distinção conceitual, uma vez que o entendimento de função na química inorgânica envolve o caráter comportamental, enquanto na química orgânica parece envolver o caráter constitucional.

Logo, o objetivo dessa tese não foi propor um conceito definitivo de função química ou derivá-lo a partir do conceito de grupo funcional da IUPAC, já que este não

⁵² Não tratei dessas questões nessa tese.

consta no Gold Book, mas uma abordagem que pudesse destacar os problemas, as questões e as confusões teórico-conceituais em torno deste conceito. Se, por um lado, os resultados mostraram que apenas um, entre os seis livros didáticos aprovados pelo PNLB de 2018, trata do conceito de funções inorgânicas, por outro, a confusão teórico-conceitual em torno dessa perspectiva ainda se perpetua pelos eventos nacionais de Química. Ou seja, isso evidencia que esse problema de pesquisa detectado não está resolvido dentro da comunidade de educadores químicos.

Amparada em Vigotski (2001, 2007, 2009, 2010), sustentei a necessidade de passar do estudo do conceito isolado, confuso e muitas vezes distorcido (conforme foi verificado nesta pesquisa) para a investigação sistemática dos conceitos. Aqui, pensamento e linguagem, ambos estão em construção de maneira que o elo central do complexo processo da aprendizagem se dá via formação de conceitos.

Portanto, propus evidenciar que os conceitos ácido-base - como conhecimento sistematizado – contribui para a compreensão de parte de outros conceitos químicos, e sobretudo, para a Química. A compreensão para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido-base contribui para a sistematização da Química, uma vez que eles se relacionam e influenciam outros conceitos conforme sustenta a História da Química – foco aqui da sistematização do pensamento químico.

Nesse sentido, considerei que a educação escolar tem um papel crucial na apropriação do conhecimento sistematizado: possibilitar a socialização e apropriação do saber sistemático relevante produzido pela Química.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. (2007). Dicionário de Filosofia. Martins Fontes.
- ÁCIDO. (2001). In: A. Houaiss, & M. S. Villar. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (p. 56). Objetiva.
- ABEGG, R. The Electrolytic Dissociation Theory. John Wiley & Sons, 1907.
- ACIDE. (2013). In : CNRTL - Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales.
- ACID. (2019). In: Merriam-Webster: dictionary.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; As possíveis origens da Química Moderna. **Revista Química Nova**. v. 16, n. 01, p. 63-38, jan., 1993.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. A. (2005). **Da Alquimia à Química**. Landy.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da Alquimia à Química**. 3. ed. São Paulo: Landy, 2011. 248 p.
- AQUINO, R. S. L. de [et al]. História das Sociedades: das sociedades modernas às sociedades atuais. 3ed. Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico, 1988.
- ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELA, M. pH do Solo: determinação com Indicadores ácido-base no ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 283-287, Novembro de 2009.
- ARRHENIUS, S. (1884). Recherches sur la Conduktivité Galvanic des Electrolytes. (Mémoire présenté a l'Acad. des Sciences de Suède le juin de 1883). Kongl. Boktrykeriet.
- ARRHENIUS, S. (1887a). Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe. Zeitschrift für Physikalische Chemie, v.1, p. 631–648. <https://doi.org/10.1515/zpch-1887-0164>.
- ARRHENIUS, S. (1887b). On the Dissociation of Substances Dissolved in Water. 1887A (Partial translation of Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe. Zeitschrift für Physikalische Chemie, v.1, p. 631–648).
- ARRHENIUS, S. (1902). Textbook of Electrochemistry. Longmans, Green. Recuperado de <https://archive.org/details/textbookofelectr00arrhuoft/page/n6>.
- ARRHENIUS, S. (1903). Development of the Theory of Electrolytic Dissociation. (Nobel Lecture, December, 1903).

ARRHENIUS, S. Development of the theory of electrolytic dissociation. Proceedings of the Royal Institution, p. 45-58, 1904.

ARRHENIUS, S. Electrolytic dissociation. The Journal of the American Chemical Society, v. 34, n. 4, p. 353–363, 1912.

AUSUBEL, D. P; NOVAK J. D; HANESIAN, H. Psicologia educacional. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAKER JR, A. A. A history of indicators. Chymia, 9, p. 147-167, 1964.

BARATA-MOURA, J. **Ideologia e Prática**. Lisboa: Caminho, 1978.

BARATA-MOURA, J. **Prática: para uma aclaração do seu sentido como categoria filosófica**. Lisboa: Colibri, 1994.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARDEZ, E. L'acido-basicité: des observations aux concepts, les étapes-clés du debut du XIXe siècle. Bulletin de la Sabix, v. 50, p. 15-29, 2012.

BASTOS, H. F. B. N. Changing teachers practice: towards a constructivist methodology of physics teaching, England, 1992. Thesis (Doctorate in Physics), University of Surrey.

BEBER, S. Z. C. *et al.* Mapas conceituais: uma estratégia para verificar a aprendizagem dos conceitos de funções inorgânicas. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. (2014). História da Ciência para Formação de Professores. Editora Livraria da Física.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Portugal: Instituto Piaget, 1992, 402 p.

BENVENISTE, E. (1976). Problemas de Linguística Geral. Nacional/Edusp.

BERG, K. C. The Development of the Theory of Electrolytic Dissociation. **Science & Education**, v.12, p.397-419, 2003.

BERG, K. C. The Kinetic-Molecular and Thermodynamic Approaches to Osmotic Pressure: A Study of Dispute in Physical Chemistry and the Implications for Chemistry Education. **Science & Education**, v.15, n. 5, p.495-519, 2006.

BOYLE, R. (1675). Experiments, notes etc. about the mechanical origine or production of divers particular qualities: among which is inserted a discourse of the imperfection of chymist's doctrine of qualities; together with some reflections upon the hypothesis of alkali and acidum. Davis Bookseller.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Decreto-Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Câmara dos Deputados, Brasília, DF, 175º da Independência e 108º da República, 20 dez. 1996.

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2002.144 p

BRASIL. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência -Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 06 jul. 2015.

BRÖNSTED, J. N. Einige Bemerkungen über den Begriff der Säuren und Basen. Recueil Des Travaux Chimiques Des Pays-Bas, v. 42, n. 8, p.718–728, 1923.

CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. Funções da Química Inorgânica...Funcionam? **Química Nova na Escola**, n. 9, p.18-22, 1999.

CARVALHO, L. C. C.; LUPETTI, K. O.; FATIBELLO-FILHO, O. Um Estudo Sobre a Oxidação Enzimática e a Prevenção do Escurecimento de Frutas no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n.22, p. 48-50, Novembro de 2005.

CASTRO *et al.* Baralho de funções inorgânicas, uma atividade lúdica no aprendizado da química. **10º SIMPEQUI – Simpósio Brasileiro de Educação Química**, Teresina – PI, 2012.

CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. **Química Nova na Escola**, n.9, p. 28-30, 1999.

CHAGAS, A. P. O Ensino de Aspectos Históricos e Filosóficos da Química e as Teorias Ácido-Base do Século XX. **Química Nova**, v. 23, n. 1, 2000.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P.B. **Química**. São Paulo: Moderna, 2016. v.1. v.2. v.3.

COELHO, J. C.; MARQUES, C. A. A Chuva ácida na Perspectiva de Tema Social:

um estudo com professores de química. **Química Nova na Escola**, n. 25, p. 14-19, Maio de 2007.

COSTA, T.S.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. A Corrosão na Abordagem da Cinética Química. **Química Nova na Escola**, n.22, p.31-34, Novembro de 2005.

COSTA, T. S.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Experimentos com alumínio. **Química Nova na Escola**, n.23, p.38-40, Maio de 2006.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2a ed. Trad. L. de O. Rocha, Trad. Porto Alegre: Artmed, 2007. Obra original publicada em 2003.

CROSLAND, M. P. (1978). *Historical Studies in the Language of Chemistry*. Dover.

DEBUS, A. G. (2002). *The Chemical Philosophy*. Dover.

DEMO, P. **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Corantes Naturais: extração emprego como indicadores de pH. **Química Nova na Escola**, .17, p.27-31, Maio de 2003.

DUARTE, N. Concepções afirmativas e negativas sobre o ato de ensinar. **Cadernos Cedex**, v. 19, n. 44, p. 1-6, 1998.

ENGELS, F. **Anti-Dühring**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

FATIBELLO-FILHO, O.; WOLF, L. D.; ASSUMPCÃO, M. H. M. T.; LEITE, O. D. Experimento Simples e Rápido Ilustrando a Hidrólise de Sais. **Química Nova na Escola**, n.24, p.30-34, Novembro de 2006.

FELTRE, R. **Química segundo grau**. São Paulo: Editora Moderna, 1977.

FELTRE, R. **Química geral**. São Paulo: Editora Moderna, 1982, v. 1.

FELTRE, R. **Química**. 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1994, v. 1.

FERREIRA, L.H.; HARTWING, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Variação de pH em Água Mineral Gaseificada. **Química Nova na Escola**, n.30, p.70-72, Novembro de 2008.

FERREIRA, A. M. A. (2013). Prefácio. In B. Hardy-Vallée, *Que É um Conceito. Parábola*.

FERREIRA, T. A. da S.; SANTOS, F. M. S.; MATOS, J. P. A.; MOURA, M. C. B. L.; SIMÕES, A. S. (2018). Methodology of Conceptual Research. In: **Clinical Behavior Analysis**. Manuscript submitted for publication.

FERREIRA, T. A. S.; SOUZA, M. M. Considerações Éticas sobre a Natureza das Evidências nas Terapias Analítico-Comportamentais. **Revista Perspectivas em Análise do Comportamento**, v. 10, n. 1, p. 16-26, 2019.

FIGUEIRA, Â. C. M. Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Departamento de Centro de Ciências Naturais e Exatas Programa, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

FILHO, A. R. Uma breve discussão sobre alguns caminhos da física. **Revista Ideação**, n. 29, p.80-120, 2014.

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E.T.G. Ácidos Orgânicos: dos primórdios da química Experimental à sua presença em nosso cotidiano. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 6-10, 2002.

FIORUCCI, A.R.; SOARES, M.F.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos. **Química Nova na Escola**, n. 17, p.3-7, Maio 2003.

FOCETOLA, P. B. M. *et al.* Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 248-255, Novembro de 2012.

FREIRE JUNIOR, O. A relevância da filosofia e da história da ciência para o ensino de ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). **Epistemologia e ensino de ciências** Salvador: Arcádia, 2002. p. 13-30.

FRUNZ, J.L.C. Acidos y bases. **Educación Química**, p. 33-36, 1989.

FURIÓ-MÁS, et al. Levantando o conhecimento conceitual e processual dos alunos sobre o comportamento ácido-básico de substâncias. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 10, p. 1717-1724, 2007.

GAGLIARDI, J.R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las ciencias**, v.4, n.1, p. 30-35, 1986.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias em la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.

GEOFFROY, E. F. (1741). Table des diferentes rapports observés en Chimie entre diferentes substances. In Histoire de l'Academie Royale des Sciences (Année MDCCXVIII, pp.202–212). De l'Imprimerie Royale.

GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Mudança nas cores dos Extratos de Flores e do Repolho Roxo. **Química Nova na Escola**, n. 10, p.6-10, Novembro de 1999.

GONÇALVES, J.M.; ANTUNES, K.C.L.; ANTUNES, A. Determinação Quantitativa dos íons Cálcio e Ferro em Leite Enriquecido. **Química Nova na Escola**, n.14, p.43-45, Novembro de 2001.

GREENBERG, A. **Uma breve história da química: da alquimia às ciências moleculares modernas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

GUTMANN, V. (1968) *Coordination Chemistry in Non-Aqueous Solutions*. New York: Spinger-Verlag.

HARRIS, D. C. *Quantitative chemical analysis*. 5ª ed. Nova Iorque: W. H. Freeman, 1999. Appendix G (acid dissociation constants), p.15-26.

HEGEL, G. W. F. **Enciclopédia das ciências filosóficas**. Vol. I: A ciência da lógica. Tradução de Paulo Menezes. São Paulo: Loyola, 2005a.

IHDE, A. J. **The Development of Modern Chemistry**. Harper & Row: New York, 1964, p. 244.

KELLY, A. G. **A theory of personality: the psychology of personal constructs**. New York: W.W. Norton, 1963.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação**. São Paulo, Brasil pp. 183, 1996.

JENSEN, W. B. The origin of the "term base". **Journal of Chemical Education**, v. 83, p.1130, 2006.

LAVOISIER, A-L. **Tratado Elementar de Química**. Madras, 2007.

LEICESTER, H. M. The spread of the theory of Lavoisier in Russia. *Chymia*, v.5, p.138-142, 1959.

LEITE, L. History of Science in Science Education: development and validation of checklist for analysing the historical content of science textbooks. **Science & Education**, Dordrecht, Holanda, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.

LESNEY, M. S. (2003, March). *Chemistry Chronicles A Basic History of Acid- From Aristotle to Arnold*.

LESSA, S.; TONET, I. **Introdução à filosofia de Marx**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2011.

LESSA, S. Posfácio – possibilidade, lei e acaso: os físicos e seus incríveis cíclotrons. In: VEDDA, M.; COSTA, G.; ALCÂNTARA, N. (Org.) **Anuário Lukács 2016**. 1ª ed. Instituto Lukács São Paulo, p. 313-366, 2016.

LEWIS, G. N. **Valence and the Structure of Atoms and Molecules**. New York: The Chemical Catalog Company, 1923.

LEWIS, G. N. Acids and bases. *Journal of the Franklin Institute*, 226(3), p. 293–313, 1938.

LIEBIG, J. *Traité de Chimie Organique (Tome premier)*. Fortin, Masson, 1840.

LIMA, A. C. S.; AFONSO, J. C. A Química do Refrigerante. **Química Nova na Escola**, V. 31, n. 3, p. 210-215, Agosto de 2009.

LIMA, C. Estudo sobre a origem dos conceitos ácido e base de Arrhenius. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade federal da Bahia, 2012.

LIMA, C. Ensino dos conceitos ácido e base na perspectiva histórico-crítica. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.

LIMA, C. M. C. F.; SILVA, J. L. P. B. Contribuições do Desenvolvimento Histórico-Cultural dos Conceitos de Ácido e Base para o Ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.20, p.157-191, 2020.

LIMA, M, E. C. C.; BARBOZA, L. C. Idéias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**, n.21, p.39-43, 2005.

LIMA, R. A.; VASCONCELOS, F. C. G. C.; SÁ, R. A. O uso de simulações PHET no ensino dos conceitos de ácidos e base. **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2019.

LISBOA, J. C. F. (Org.). **Ser Protagonista: Química**. 3. ed. São Paulo: Sm, 2016. v.1. v. 2. v.3.

LOCKMANN, K. A Biopolítica em ação: Gerenciando o risco da anormalidade surda. **Revista Conhecimento Online**. Vol 4 p. 1-11, 2012.

LOWRY, T. M. The uniqueness of hydrogen. **Journal of the Society of Chemical Industry**, v. 42, n. 3, 43–47, 1923a

LOWRY, T. M. Co-ordination and acidity. **Journal of the Society of Chemical Industry**, v. 42, n.44, p.1048–1052, 1923b.

LUKÁCS, G. **Prolegômenos para uma ontologia do ser social: questões de princípios para uma ontologia hoje tornada possível**. São Paulo: Boitempo, 2010.

LUKÁCS, G. **Prolegômenos a uma ontologia do ser social e Para a ontologia do ser social**. Maceió, Alagoas: Coletivo Veredas, 2018.

LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 10ªed. São Paulo: editorada pedagógica e universitária, 2007. p. 99.

LUX, H. "Sauren" und "Basen" im Schmelzfluss: die Bestimmung der Sauerstoffionen-Konzentration. Zeitschrift für Elektrochemie und Angewandte Physikalische Chemie, v.45, n. 4, p. 303–309, 1939.

MAIA, D. J.; GAZOTTI, W. A.; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. Chuva ácida: um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio. **Química Nova na Escola**, n. 21, p.44-46, Maio 2005.

MAIA, D. J.; SEGRE, N.; SCATIGNO, A. C.; STELLA, M. B. Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 71-75, Fevereiro de 2015.

MAIA, J. O.; VILLANI, A. A relação de professores de Química com o livro didático e o caderno do professor. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 121-146, 2016.

MACQUER, P. J. (1778). Dictionnaire de Chymie (Tome Premier). Didot, 1778.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M.M. Decomposição Térmica do PVC e Detecção do HCl Utilizando um Indicador Ácido-Base Natural: uma proposta de ensino multidisciplinar. **Química Nova na Escola**, n.14, 2001.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M.M.; PEDRO, R. J. Solução tampão: uma proposta experimental usando materiais de baixo custo. **Química Nova na Escola**, n. 20, p.59-62, Novembro de 2004.

MARX, K. **Miséria da filosofia**. Lisboa: Estampa, 1978.

MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã** (Feuerbach). 9. ed. São Paulo: Hucitec, 1993.

MARX, K. **Manuscritos econômico-filosóficos**. Tradução de Jesus Ranieri. São Paulo: Boitempo, 2004.

MARX, K. Crítica da filosofia do direito de Hegel – Introdução. In: MARX, K. **Crítica da filosofia do direito de Hegel**. São Paulo: Boitempo, 2005.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**. São Paulo: Boitempo, 2007.

MARTINS, L. M. **O Desenvolvimento do Psiquismo e a Educação Escolar: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica**. Campinas: Autores Associados, 2013.

MARTINS, L. M. **A formação social da personalidade do professor: um enfoque vigotskiano**. 2ª Edição. Campinas, São Paulo: Autores associados, 2015.

MARTINS, L. M.; ABRANTES, A. A.; FACCI, M. G. D. (Orgs.). **Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico: do nascimento à velhice**. Campinas, SP: Autores Associados, 2016.

MATTHEWS, M. R. History, Philosophy and Science Teaching: what can be done in an undergraduate course? **Studies in Philosophy and Education**, Dordrecht, Holanda, n. 10, p. 93-97, 1990.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

MERÇON, F. O que é uma Gordura Trans? **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p.78-83, Maio de 2010.

MENDES, M. P. L. O conceito de reação química no nível médio: história, transposição didática e ensino. 2011. 212f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, 2011.

MENDES, M. P. L. Transformação da matéria: uma abordagem sócio-histórica do conceito moderno de transformação química. 2018. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. Uma análise do materialismo histórico-dialético para o cenário da pós-verdade: contribuições histórico-críticas para o ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1320-1354, 2020.

MORADILLO, E. F. A dimensão prática na licenciatura em química da Ufba: possibilidades para além da formação empírico-analítica. 264f. il. 2010. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. 2 ed. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v.1 v.2 v.3.

MURTA, M.M.; LOPES, F. A. Química Pré-Biótica: sobre a origem das moléculas orgânicas na terra. **Química Nova na Escola**, n.22, p. 26-28, Novembro de 2005.

NASCIMENTO, G. S.; SANTOS, B. F. Aprendizagem dos Conceitos de Ácidos e Bases em um Estudo Sobre a Linguagem. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 2, p. 179-189, Maio de 2019.

NETO, J. P. **Entrevista José Paulo Netto**. Trab. Educ. Saúde. Rio de Janeiro, v.9, n.2, p.333-340, 2011.

NETTO, J. P. **Introdução ao estudo do método de Marx**. São Paulo: Expressão Popular, 2011.

NEVES, R. F. Interação do ciclo da experiência de Kelly com o Círculo hermenêutico-dialético, para a construção de Conceitos de Biologia. 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2006.

NICHELE, A. G.; ZUCOLOTTI, A. M.; DIAS, E. C. Estudo da Solubilidade dos Gases: Um Experimento de Múltiplas Facetas. **Química Nova na Escola**, Vol. 37, Nº 4, p. 312-315, Novembro de 2015.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Vivá: Química**. Curitiba: Positivo, 2016. v.1. v.2. v. 3.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M.; OLIVEIRA, O. A.; HUSSEIN, F. R. G. S. (2016). Revisão no campo: o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido e base entre 1980 e 2014. **Química Nova na Escola**, v.38, n.2, p.185–196, 2016.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M.; OLIVEIRA, O. A.; GONÇALVES, F. R.; HUSSEIN, S. Ácidos e Bases: Discutindo os conceitos dentro das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

OLIVEIRA, A. M. de. **Concepções Alternativas de Estudantes do Ensino Médio sobre Ácidos e Bases**: um estudo de caso. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

OLIVEIRA, C. A. F.; FILHO, J. B. R.; ANDRADE, L. R. Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 2, p. 125-128, Maio de 2011.

OLIVEIRA, G. A. R.; REZENDE, L. S.; LIMA, M. C.; MICHELS, M. L. Funções Inorgânicas – uma metodologia lúdica para o Ensino Médio. **Revista Cadernos Acadêmicos**, v. 7, n. 1, p. 55-63, 2015.

OLIVEIRA, B. C. M. *et al.* As pistas das funções inorgânicas: um jogo didático identificador de características, conceito e nomenclatura das funções. III Congresso Internacional das Licenciaturas COINTER – PDVL, 2016.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, v.16, p.21–25, 2002.

OKI, M.M. C. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova Na Escola**, v. 31, n. 16, setembro/2009.

OKI, M. C. M. A História da Química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA. 2006. 430f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino da história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v.14, n.1, p.67-88, 2008

PAIK, S. H. Understand the relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry and Lewis theories. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudança na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências. **Química Nova na Escola**, Belo Horizonte, n. 18, p. 31-36, 2003.

PARTINGTON, J. R. (1961). *A History of Chemistry (Volume 2)*. London: Macmillan.

PARTINGTON, J. R. **A History of Chemistry** (V. 4). London: Macmillan, 1964.

PEIXOTO, H. R. C.; OLIVEIRA, A. R. Ácidos Carboxílicos e Sobrevivência: uma experiência de sala de aula. **Química Nova na Escola**, n.26, p. 21-23, Novembro de 2007.

PEROVANO, L. P.; PONTARA, A. B.; MENDES, A. N. F. Dominó Inorgânico: uma forma inclusiva e lúdica para Ensino de Química. **Revista Conhecimento ONLINE**, v.2, 2017.

PEREIRA, L. L. S.; BENITE, C. R. M; BENITE, A. M. C. Aula de Química e surdez: sobre interações pedagógicas mediadas pela visão. **Química nova na escola**. São Paulo, vol. 33, nº 1, p. 47-56, 2011.

PLAMER, B. L. *et al.* Ensino de funções inorgânicas, para alunos com deficiência visual, por meio de jogos lúdicos e experimentos. **Educar Mais - Revista Eletrônica do PRONECIM**, n.1, p.42-53, 2016.

PONTARA, A. B.; MENDES, A. N. F. O Estudo de Funções Inorgânicas: Uma Proposta de Aula Investigativa e Experimental. **Revista Kiri-kerê**, n.2, 2017.

PRESTES, Z. **Quando não é quase a mesma coisa**: traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil. Campinas, SP: Autores associados, 2012.

RIBEIRO, R. P.; NUÑEZ, I. B. Pensando a aprendizagem significativa: dos mapas conceituais às redes conceituais. In: NUÑEZ, Isauro Beltrán e RAMALHO, Betânia Leite (orgs.). Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio. Porto Alegre: Sulina, 2004.

REIS, M. **Química**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. v.1. v.2. v.3.

ROUELLE, G-F. (1748). Memoires sur les sels neutres. In Histoire de l'Academie Royale des Sciences (Année MDCCXLVIII, pp. 353–365). De l'Imprimerie Royale.

ROUELLE, G-F. (1759). Memoires sur les sels neutres. In Histoire de l'Academie Royale des Sciences (Année MDCCCLIV, pp. 572–588). Paris: De l'Imprimerie Royale.

RUSSEL, J.B. **Química geral**. Trad. D. L. Sanioto e outros. São Paulo: McGraw-Hill, 1982.

RUTHERFORD, F. J.; AHLGREN, A. **Ciência para todos**. Trad. Catarina C. Martins. Lisboa: Editora Gradiva, 1995.

SANTOS, A. P. B.; MICHAEL, R. Vamos Jogar uma SueQuímica? **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 179-183, Agosto de 2009.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química: Cidadã**. 3. ed. São Paulo: Nova Geração, 2016. v.1 v.2. v.3.

SANTOS, W. L. P.; PORTO, P. A. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p.1570-1576, 2013.

SANTOS, T. M. N *et al.* Ensino de Química: Baralho das Funções Inorgânicas. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. Campinas: Autores Associados, 2012a.

SAVIANI, D. **Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações**. 11ed. Campinas – SP: Autores Associados, 2013.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C. P.; GODOY, H.T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e

avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, Supl.1, p. 14-24, 2003.

SCHEFFER, E. W. O. Química: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica. 1997. 157f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

SHEPPARD, K. High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 1, p. 32-45, 2006.

SIEGFRIED, R. (2002). Form Elements to Atoms: a history of chemical composition. Philadelphia: American Philosophical Society.

SILVA, E. O. Explorando as Bases Matemáticas da Volumetria: uma proposta didática Química. **Química Nova na Escola**, n. 13, p.13-17, Maio 2001.

SILVA, J. L. P. B.; EDILSON F. MORADILLO, E. F.; CUNHA, M. B. M.; DOTTO, R. R.; DOURADO, P. V. A composição no Ensino de Química. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, em Florianópolis- SC, entre 26 de novembro e 2 de dezembro, p.1-11, 2007.

SILVA, L. A. et al. Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “funções inorgânicas”. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 261-268, Novembro de 2014.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Química Nova na Escola**, n.0, p.1-8, 2014.

SILVA, M.A.M.; FALCÃO, A. S.; SILVA, M. S.; REGIANI, A. M. A Tecelagem Huni Kuin e o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 200-207, Agosto de 2016.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. A ludicidade como possibilidade de Mediação para o desenvolvimento das Funções Cognitivas Superiores. X Colóquio Internacional – Educação e Contemporaneidade, São Cristovão - SE, 22 – 24 de Setembro, 2016.

SILVA, O. J.; DEISE ALVES BRITO, D. A.; BARBOSA, D. B. Bingo Químico das funções inorgânicas: uma proposta lúdica para a verificação da aprendizagem de conteúdos de Química. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

SILVA, M. P.; SANTIAGO, M. A. Proposta para o ensino dos conceitos de ácidos e bases: construindo conceitos através da história da ciência combinada ao emprego de um software interativo de livre acesso. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, v.5, p. 48–82, 2012.

SISLER, H. H. 1917 - **Química dos Solventes Não-Aquosos**. Tradução de Caetano Bellibone, São Paulo, Polígono, 1969.

SOLOMONS, T. W. G. **Química Orgânica 2**. 6ª ed. Trad. H. Macedo. Rio de Janeiro, LTC, 1996. p. 91-96.

SOUZA, C. R.; SILVA, F. C. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 14-18, Fevereiro de 2018.

SOUZA, C. R.; SILVA, F. C. Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 276-286, Novembro de 2018.

SUAREZ, W. T. FERREIRA, L. H.; FATIBELLO-FILHO, O. Padronização de Soluções Ácidas e Básicas Empregando Materiais do Cotidiano. **Química Nova na Escola**, n. 25, p.36-38, Maio de 2007.

TEIXEIRA, K. I. R BUENO, A. C.; CORTÉS, M. E. Processos Físico-Químicos no Biofilme Dentário Relacionados à Produção da Cárie. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p.145-150, Agosto de 2010.

TRIVINÕS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2007.

TULESKI, S. C. Em defesa de uma leitura histórica da teoria Vigotskiana. In: FACCI, M. G. D.; TULESKI, S. C.; BARROCO, S. M. S. (Org.). **Escola de vigotski: contribuições para a psicologia e a educação**. Maringá: Eduem Cap. 2, p. 35-62, 2009.

VIDAL, B. **História da Química**. Tradução Antonio Filipe Marques. Lisboa: Edições 70, 1986.

VALLÉE, B. H. **Que é um conceito?** Tradução Marcos Bagno. São Paulo: Parábola, 2013.

VYGOTSKI, L. S. Concrete human psychology. **Soviet Psychology**, v.27, n.2, p.53–77, 1989.

VIGOTSKI, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. 1ª Edição março de 2001. Tradução: Paulo Bezerra - Professor Livre-Docente em Literatura Russa pela USP. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

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

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

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra, São Paulo, 2010.

VIEIRA, W. E. S.; MELO, H. D. F.; NASCIMENTO, A. M. S.; VIANA, K. S. L. UNO Periódico como estratégia lúdica para aprendizagem em Química. In: I Simposio Latinoamericano en Formación de Profesores: Tecnología y Educación, Valparaíso, Chile, 2016. Resúmenes I Simposio Latinoamericano en Formación de Profesores: Tecnología y Educación.

ZAPP, E.; NARDINI, G. S.; COELHO, J. C.; SANGIOGO, F. A. Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a “Força” dos Ácidos. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 4, p. 278-284, Novembro de 2015.

ZUTIN, K.; OLIVEIRA, J. K. Investigando Componentes no Leite em uma Atividade Interativa. **Química Nova na Escola**, n. 25, p.39-42, Maio de 2007.

WERNER, A. (1911). **New Ideas on Inorganic Chemistry**. Longmans, Green.

WERNER, A. (1913). **On the Constitution and Configuration of Higher-Order compounds** (Nobel Lecture, Dec 1913).