

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA – PGECM**

MARCELO HENRIQUE FREITAS SARAIVA GUERRA

**USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTOS
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS NO ESTUDO DE ÁCIDOS-
BASES: UMA APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO
ENSINO MÉDIO**

**FORTALEZA
2020**

MARCELO HENRIQUE FREITAS SARAIVA GUERRA

**USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTOS
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS NO ESTUDO DE ÁCIDOS-
BASES: UMA APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof. Dr. Ana Karine Portela Vasconcelos

**FORTALEZA
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G934u Guerra, Marcelo Henrique Freitas Saraiva.
USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTOS POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVOS NO ESTUDO DE ÁCIDOS-BASES : UMA APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA NO ENSINO MÉDIO / Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra. - 2020.
156 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática,
Campus Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Ana Karine Portela Vasconcelos.
1. Ensino e Aprendizagem. 2. Ácidos-Bases. 3. Objetos de Aprendizagem. 4. Aprendizagem
Significativa. I. Título.

CDD 510.07

Dedico este trabalho à minha família.

Especialmente à minha mãe Maria
Vanilde de Freitas Guerra, pelo amor,
apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

A Deus, por me permitir viver essa rica experiência em minha vida, a qual me fez amadurecer pessoalmente e profissionalmente.

Aos meus amados pais, Joeme Saraiva Guerra e Maria Vanilde de Freitas Guerra, pelo amor, pelos exemplos, incentivos e apoio.

Aos meus irmãos, Jeimyson Emmanoel Freitas Saraiva Guerra e Hennylik Dennyilson Freitas Saraiva Guerra, pelo companheirismo.

A minha amiga e colega de profissão, Karol, por insistir em acreditar em mim e persistir para que eu me inscrevesse na seleção do presente mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), que souberam dialogar, compartilhando seus saberes, orientando e mediando muitas aprendizagens em diversos contextos, incentivando e inspirando em momentos desafiadores neste período de construção de conhecimentos.

À professora Ana Karine Portela Vasconcelos, pela oportunidade de tê-la como orientadora, e seu tempo comprometido, sua atenção e paciência.

Aos meus colegas do Curso PGECEM, no desenvolver deste trabalho. Em especial ao grupo de Química: Gabriela Clemente, Eduardo Firmino, Clarycy Nojosa, pela amizade construída, angústias compartilhadas, críticas construtivas e debates que serviram para a construção do trabalho.

À direção, coordenação e colegas da EEEP Professor Onélio Porto, pela parceria e compreensão nesse período de intenso trabalho.

RESUMO

Esta pesquisa trata da análise de influências do uso de Objetos de Aprendizagem no ensino e aprendizagem dos conceitos de Ácidos-Bases na disciplina de Química no Ensino Médio. A pergunta considerada como diretriz da pesquisa foi: “Considerando as perspectivas da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, de que forma o uso de Objetos de Aprendizagem em sala de aula podem contribuir no processo de ensino e de aprendizagem no conteúdo de Ácidos-Bases?”. A presente investigação tratou-se de um estudo de caso, com abordagens qualitativas. Participaram da pesquisa estudantes do primeiro ano do Ensino Médio pertencentes à rede pública de ensino do Estado do Ceará, situada na cidade de Fortaleza - CE, que utiliza uma metodologia de ensino de tempo integral e profissionalizante. O trabalho tem como escopo analisar o emprego de Objetos de Aprendizagem (OA) como instrumentos potencialmente significativos no ensino de Ácidos-Bases no Ensino Médio, a partir dos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Para tanto foi feito uso das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como método de construção de uma sequência didática. Foram realizadas tarefas potencialmente significativas, explorando o uso continuado do simulador PhET da Universidade de Colorado. A constituição de dados foi realizada por meio de questionários e produções de mapas conceituais pelos participantes da pesquisa. Na análise de dados, foram considerados métodos mistos. No tratamento dos dados qualitativos dos questionários, foram utilizadas técnicas da análise de conteúdo e, para o tratamento de mapas conceituais foi utilizado uma abordagem quantitativa seguindo as orientações de Joseph Novak. Conclui-se que as percepções sobre o uso de Objetos de Aprendizagem, na proposta didática elaborada, indicou que houve aumentos na aprendizagem significativa ocorridas na disciplina. O uso destes recursos digitais favoreceu os processos de ensino e aprendizagem em Ácidos-Bases, facilitando a compreensão e a construção de conceitos químicos.

Palavras-chave: Ensino e Aprendizagem. Ácidos-Bases. Objetos de Aprendizagem. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This research deals with the analysis of influences of the use of Learning Objects in the teaching and learning of the Acids-Bases concepts in the High School Chemistry discipline. The question considered as research guideline was: “Considering the perspectives of David Ausubel's Meaningful Learning Theory, how can the use of Learning Objects in the classroom contribute to the teaching and learning process in the Acid-Base content? ? This research was a case study with qualitative approaches. First year high school students from the public school system of the State of Ceará, located in Fortaleza - CE, which uses a full time and professional teaching methodology, participated in the research. This paper aims to analyze the use of Learning Objects (OA) as potentially significant instruments in the teaching of Base Acids in High School, based on the assumptions of the Meaningful Learning Theory (TAS). For this purpose, Potential Significant Teaching Units (UEPS) were used as a method of constructing a didactic sequence. Potentially significant tasks were performed exploring the continued use of the University of Colorado PhET simulator. The data constitution was performed through questionnaires and concept map production by the research participants. In data analysis, mixed methods were considered. In the treatment of the qualitative data of the questionnaires, content analysis techniques were used and, for the treatment of conceptual maps, a quantitative approach was used following the guidelines of Joseph Novak. It was concluded that the perceptions about the use of Learning Objects, in the elaborated didactic proposal, indicated that there were significant increases in learning that occurred in the subject. The use of these digital resources favored the teaching and learning processes in acid-base, facilitating the understanding and construction of chemical concepts.

Keywords: Teaching and Learning. Acids-Bases. Learning Objects. Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Evolução do Ensino de Química no Brasil	18
Figura 2 - Eixos de Ensino da Química	22
Figura 3 - Página inicial portal PhET	34
Figura 4 - Print do OA Soluções Ácido-Base e suas ferramentas	38
Figura 5 - Print da segunda tela do OA Soluções Ácido-Base.....	38
Figura 6 - Print do OA pH: Básico da Escala.....	39
Figura 7 - Print OA Escala de pH.....	40
Figura 8 - Print segunda tela OA Escala de pH.....	40
Figura 9 - Diagrama indicando a relação entre aprendizagem mecânica e significativa	44
Figura 10 - Interação entre o conhecimento prévio e o novo	45
Figura 11 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	70
Figura 12 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	72
Figura 13 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	74
Figura 14 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	77
Figura 15 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	79
Figura 16 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	81
Figura 17 - MC elaborado pelo sujeito A1.....	87
Figura 18 - MC elaborado pelo sujeito R2.....	88
Figura 19 - MC elaborado pelo sujeito S1	89
Figura 20 - MC elaborado pelo sujeito A5.....	92
Figura 21 - MC elaborado pelo sujeito L4	93
Figura 22 - Estudantes utilizando os OA no laboratório de informática	94
Figura 23 - Respostas do participante A5 para a atividade 1 para o exercício 2.....	99
Figura 24- Respostas do participante D1 para a atividade 2 para o exercício 2.....	100
Figura 25- Respostas do participante M2 para a atividade 3 do exercício 3.....	102
Figura 26 - Respostas do participante S2 para a atividade 1 do exercício 4	103
Figura 27 - Resposta do participante S2 para a atividade 2 do exercício 4.....	104
Figura 28 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	107
Figura 29 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	109
Figura 30 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	110
Figura 31 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	112

Figura 32 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	115
Figura 33 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	117
Figura 34 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	119
Figura 35 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas.....	120
Figura 36 - MC Final elaborado pelo sujeito A1	123
Figura 37 - MC Final elaborado pelo sujeito R2	125
Figura 38 - MC Final elaborado pelo sujeito A5.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Condições para um recurso educacional ser considerado um OA.	28
Quadro 2 - Características das simulações PhET	34
Quadro 3 - Características da aprendizagem por descoberta e por recepção	45
Quadro 4 - Tipos de Aprendizagem Significativa	46
Quadro 5 - Sistemas representacionais para organizar o conhecimento químico	48
Quadro 6 - Análise dos critérios de classificação de MC	60
Quadro 7 - Etapas de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.....	61
Quadro 8 Levantamento das respostas sobre contato anterior com o conteúdo.....	67
Quadro 9 - Respostas Questionário Inicial, participantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar	68
Quadro 10 - resultados das respostas dos participantes no Questionário Inicial que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases	76
Quadro 11 - Pontuação dos MC dos estudantes que tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.....	85
Quadro 12 - Pontuação dos MC dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.....	90
Quadro 13 - Respostas Questionário Final, participantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar.	105
Quadro 14 - Respostas Questionário Final, participantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar.	113
Quadro 15 - Pontuação dos MC Finais dos estudantes que tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.....	121
Quadro 16 - Pontuação dos MC Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
ESQ	Escola Superior de Química
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
LEI	Laboratório Educacional de Informática
MC	Mapas Conceituais
OA	Objetos de Aprendizagem
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio
QI	Questionário Inicial
QF	Questionário Final
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Ensino de Química no Brasil.....	17
2.2. As várias definições de um Objeto de Aprendizagem.....	25
2.3. O Ensino de Química e o uso da informática	28
2.3.1. Uso do Simulador PhET Simulações Interativas.....	33
<i>2.3.1.1. Os OA “Soluções Ácido-Base”, “pH: Básico da Escala” e “Escala de pH” ..</i>	<i>37</i>
2.4. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)	41
2.5. Estudos de Ácidos-Bases: importância no estudo escolar.....	47
<i>2.5.1. Histórico das teorias Ácido-Base</i>	<i>50</i>
3. METODOLOGIA	53
3.1. Natureza da pesquisa	54
3.2. Os caminhos da pesquisa	55
3.3. Descrição do local e participantes da pesquisa.....	56
3.4. Coleta de Dados.....	57
3.5. Constituição de dados e método de análise.....	58
3.6. Metodologia de Ensino	61
3.6.1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS.....	61
<i>3.6.1.1. UEPS utilizada na pesquisa.....</i>	<i>63</i>
4. Análise dos Dados	65
4.1. Análise dos perfis da turma	65
4.2. Análise do Questionário Inicial.....	66
<i>4.2.1. Análise dos Questionários Iniciais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental</i>	<i>68</i>
<i>4.2.1.1. Discussão dos resultados para a Questão 2</i>	<i>68</i>
<i>4.2.1.2. Discussão dos resultados para a Questão 3</i>	<i>71</i>

4.2.1.3. Discussão dos resultados para a Questão 4	73
4.2.1.4. Discussão dos resultados para a Questão 5	75
4.2.2. Análise dos Questionários Iniciais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental	76
4.2.2.1. Discussão dos resultados para a Questão 2	76
4.2.2.2. Discussão dos resultados para a Questão 3	78
4.2.2.3. Discussão dos resultados para a Questão 4	80
4.2.2.4. Discussão dos resultados para a Questão 5	81
4.3. Análise dos Mapas Conceituais Iniciais.....	82
4.3.1. Análise dos MC dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.	84
4.3.2. Análise dos MC dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.	90
4.4. Análise dos exercícios aplicados.....	94
4.4.1. Exercício 1.....	95
4.4.2. Exercício 2.....	98
4.4.3. Exercício 3.....	101
4.4.4. Exercício 4.....	102
4.5. Análise dos Questionários Finais	104
4.5.1. Análise dos Questionários Finais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.	105
4.5.1.1. Discussão dos resultados para a Questão 1	106
4.5.1.2. Discussão dos resultados para a Questão 2	108
4.5.1.3. Discussão dos resultados para a Questão 3	109
4.5.1.4. Discussão dos resultados para a Questão 4	111
4.5.2. Análise dos Questionários Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.	113
4.5.2.1. Discussão dos resultados para a Questão 1	114

4.5.2.2. <i>Discussão dos resultados para a Questão 2</i>	116
4.5.2.3. <i>Discussão dos resultados para a Questão 3</i>	118
4.5.2.4. <i>Discussão dos resultados para a Questão 4</i>	119
4.6. Análise dos Mapas Conceituais Finais	121
4.6.1. <i>Análise dos MC Finais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.</i>	121
4.6.2. <i>Análise dos MC Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.</i>	126
4.7. Análise de percepções discentes sobre o uso de Objetos de Aprendizagem ...	129
4.7.1. <i>Percepções positivas referentes ao uso de OA</i>	129
4.7.2. <i>Percepções negativas referentes ao uso de OA</i>	130
5. CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS	134
APÊNDICE A - TERMO DE ANUÊNCIA	143
APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	144
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL – QI	146
APÊNDICE D - EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ÁCIDO-BASE	147
APÊNDICE E - EXERCÍCIO DE INVESTIGAÇÃO DE FATORES QUE ESTÃO RELACIONADOS A SOLUÇÕES ÁCIDO-BASES - SIMULADOR PHET – OA Soluções Ácido-Base	148
APÊNDICE F -EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ÁCIDO-BASE - SIMULADOR PHET – OA pH: básico da escala	150
APÊNDICE G - EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ÁCIDO-BASE - SIMULADOR PHET – OA Escala de pH	152

1. INTRODUÇÃO

O Ensino de Química compreende como uma área de pesquisa Química, que se distingue das outras áreas: a orgânica, a inorgânica, a analítica, entre outras. É uma área de pesquisa considerada bastante jovem, não possuindo mais que 50 anos em termos internacionais, e se considerar em âmbito nacional, este tempo é bem menor (BUNCE *et al.*, 1994).

De acordo por Chassot (2014), os antigos currículos de Química foram fundamentados em três documentos históricos. O primeiro tratava das diretrizes para o componente curricular de Química da Bahia do Conde da Barca, que reconhecem a importância do componente curricular para o aperfeiçoamento dos estudos de áreas como a medicina e a farmácia. O segundo foi o texto “Sobre a maneira de ensinar Química” de Lavoisier e o terceiro documento eram as regras do Curso de Filosofia do Estatuto da Universidade de Coimbra, que marcaram todo o período imperial brasileiro.

Cronologicamente, durante a década de 1950, o Ensino de Ciências, o qual faz parte o Ensino de Química, tinha como prioridade a formação de elites científicas direcionadas para o desenvolvimento científico e tecnológico do país. Nas décadas de 1970 a 1980, o Ensino de Ciências foi focalizado como elemento de formação do cidadão-trabalhador, priorizando conteúdos que pudessem contribuir para o tão desejado “milagre econômico” (WERTHEIN; CUNHA, 2009).

Foram nos anos 1980 que começaram os estudos específicos de pesquisa acadêmica a respeito do Ensino de Química, que na verdade faz parte de um campo de investigação epistemológico maior, a Didática das Ciências, como afirma Schnetzler (2002):

(...) na década de 80, conferiu outro status à área de pesquisa em ensino de química, situando-a em uma outra maior, a da Didática das Ciências, que vem se constituindo como um campo científico de estudo e investigação, com proposição e utilização de teorias/modelos e de mecanismos de publicação e divulgação próprios e, principalmente, pela formação de um novo tipo de profissional acadêmico – o/a pesquisador/a em ensino de Ciências/Química. (SCHNETZLER, 2002, p. 14).

Na década de 1990 o Ensino de Química era muitas vezes realizado de forma ineficiente e não condizente aos propósitos da aprendizagem significativa.

O processo de ensino de química se concentra na transmissão e na cobrança de conteúdos científicos prontos, acabados, inquestionáveis, em que não há lugar para problemas e discussões de ensino, mas só de aprendizagem, já que os alunos são sempre atribuídos a responsabilidade pela ineficiência daquele processo (SCHNETZLER, 1994 p, 64).

Somente nos anos 2000, apesar de ainda prevalecer o processo de ensino tradicional, que começaram as pesquisas com relevante grau de preocupação em buscar alternativas que possam melhorar e repensar o Ensino de Química. Chassot (2014), já apresentava em suas pesquisas um olhar na formação dos licenciados. Segundo o autor, se faz necessária uma reflexão desde as formações iniciais e continuadas, buscando sempre alternativas metodológicas que possam agregar positivamente neste processo de ensino.

Defendo sempre que licenciado, mesmo que não vá operar com aparelhagem tão sofisticada quanto o químico industrial, nem trabalhar com produtos tão puros quanto o bacharel em Química, merece uma preparação com a maior e melhor excelência, pois vai “mexer” na cabeça das crianças, dos jovens ou adultos, ensinando-lhes uma nova maneira de ler o mundo com a linguagem química (CHASSOT, 2014, p. 60).

Estas pesquisas também visavam analisar o binômio ensino e aprendizagem no componente curricular de Ciências, reconhecendo obstáculos que podem acontecer durante o processo didático. O Ensino de Química possui diversas dificuldades e problemáticas que não estão restritas a ela mesma, mas a todo o Ensino de Ciências. Entretanto, o componente curricular de Química apresenta conceitos que muitas vezes são abstratos. Para Ribeiro (2014), a Química, em si, é um campo com diversas vantagens e bastante clara e bem definida, mas em compensação o seu ensino possui diversos problemas que devem ser corrigidos.

Química é uma ciência central, mas também marginal no conjunto dos saberes. Filósofos da química defendem-na como uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica. Em contrapartida, seu ensino é dogmático, conservador, dedutivo e algorítmico. A Química é criativa e transgressora, seu ensino é conservador; a química é indutiva, seu ensino é dedutivo; a química é interdisciplinar, seu ensino é sinônimo de ciência normal. (RIBEIRO, 2014, p. 17).

Portanto, é indispensável considerar métodos que possam melhorar o processo de Ensino da Química, colocando em consonância o ensino com o contexto social, suas características e necessidades. Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), nº 9394, de 1996, o ensino de Ciências e de Matemática nos espaços escolares deve proporcionar a formação integral por meio de um aprendizado amplo, interdisciplinar, real e significativo, visando principalmente à interação entre a teoria e a prática (BRASIL, 1996).

No entanto, Ribeiro (2014) indica que, o Ensino de Química é ainda bastante dogmático, conservador, dedutivo, fundamentado no treino de problemas fechados.

Como consequência de tudo isso, a Química que é ensinada se distancia da Química que é praticada. Isso se decorre devido ao fato de que muitas vezes esse ensino é restrito a resolução de problemas, de cálculos matemáticos, de uso de conceitos, regras, nomenclaturas que muitas vezes são memorizados e que logo são esquecidos devido a uma não aprendizagem significativa.

Em decorrência disto, muitos estudantes acabam por apresentar muitas dificuldades em aprender Química, pelo fato de que geralmente não conseguem estabelecer relações apropriadas entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico (GIBIN, 2009).

Nesse cenário, surgiu o interesse do presente estudo em como melhorar esse processo de ensinar Química, diminuindo esse conservadorismo que está enraizado há muitos anos em salas de aula e que acabam por dificultar o processo de aprender, compreender e utilizar os conteúdos químicos. Buscando, como já citado anteriormente de acordo com a LDB, um aprendizado de significância.

Desses problemas, vem surgindo algumas pesquisas de utilização de materiais potencialmente significativos de ensino, como por exemplo, os chamados Objetos de Aprendizagem - OA, que são ferramentas com características didático-pedagógicas que auxiliam na aprendizagem dos alunos, pois estimulam o raciocínio; despertam uma visão crítica e possibilitam a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem.

Considerando tais aspectos, o delineamento da pesquisa passa pela investigação em como os OA podem ser importantes no processo de ensino fazendo uso de aportes teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa – TAS, proposta por David Paul Ausubel, uma vez que estes recursos podem ocasionar mudanças na estrutura cognitiva dos estudantes, fazendo-os adquirir uma aprendizagem significativa de tais conhecimentos.

Segundo Audino e Nascimento (2010) os OA podem ser encontrados na *Internet* por repositórios, o que reduz custos na aquisição de produtos para produção de materiais educacionais, que “fornecem a capacidade de simular e animar fenômenos, entre outras características, assim como, reutilizá-los em vários outros ambientes de aprendizagem” (AUDINO; NASCIMENTO, 2010, p. 130).

Estas simulações e animações são ferramentas atuais que auxiliam no processo de ensino e aprendizagem por estimularem o raciocínio e despertarem uma visão crítico-científica que possibilitam uma ativa participação dos alunos. Os professores podem se apoiar no uso dos OA para elaboração e utilização de recursos didáticos dinâmicos para

serem usados nas aulas de determinado componente curricular ou para assunto com maior nível de dificuldade (SAMPAIO; SOUZA, 2007).

Considerando que a Química assim como outros componentes curriculares de Ciências são importantes na alfabetização científica dos alunos frente a uma sociedade tecnológica em desenvolvimento, os OA se apresentam como um potencial recurso alternativo que facilita o processo de ensino por uma transposição positiva dos conhecimentos, evitando obstáculos usuais do Ensino de Química que não privilegiam a investigação, o raciocínio e a descoberta (AUDINO; NASCIMENTO, 2010).

Em sua fala, Machado (2015) reforça a importância do uso de tais ferramentas no ensino de conteúdos de Química:

O emprego de tecnomídias na educação permite a simulação e demonstração de variáveis envolvidas nos fenômenos em que a matéria é transformada. Por meio de seu emprego adequada e pedagogicamente envolvido numa abordagem significativa dos conteúdos, constata-se a existência de ações educativas com uso de ferramentas tecnológicas. Estas permitem que sejam estudados os arranjos geométricos, as ligações químicas, a atomística, os processos físico-químicos e ainda os compostos orgânicos. (MACHADO, 2015, p. 104).

Nessa perspectiva, é importante que se traga um debate a cerca do uso destes recursos tecnológicos em sala de aula, tratando dos possíveis impactos cognitivos que seus usos podem acarretar no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Química. Para tanto, a presente pesquisa apresenta um debate a cerca da inserção dos OA no ensino do conteúdo de Ácidos-Bases na disciplina de Química em estudantes do ensino básico. Este conteúdo é costumeiramente ministrado no 1º ano do Ensino Médio, mas também é explanado de forma introdutória durante o 9º ano do Ensino Fundamental, desta forma os estudantes já possuem um conhecimento prévio, que Ausubel define como subsurçor e que servirão de aporte para que novas informações ancorem e se relacionem de maneira substancial e não arbitrária, para que ocorra assim uma Aprendizagem Significativa.

Com a abordagem proposta, pretende-se que os estudantes participem de tarefas potencialmente significativas, para tanto, serão elaboradas atividades seguindo como sequência didática as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, que estão fundamentadas na TAS, que desta forma, servirá como metodologia de ensino para a aplicação dos OA. Esta metodologia tem o papel de proporcionar condições favoráveis à Aprendizagem Significativa, na moldura teórica de Ausubel e mediada pelo uso dos recursos digitais. Visa-se verificar os conhecimentos prévios sobre os conceitos

de Ácidos-Bases dos alunos envolvidos, estimular a participação ativa no processo de construção do conhecimento através de levantamentos de hipóteses a fim de solucionar situações-problemas, facilitar a resolução de tais situações e favorecer uma Aprendizagem Significativa dos conceitos químicos de Ácidos-Bases abordados.

O tema da presente dissertação constitui na identificação de percepções sobre possíveis implicações do uso de OA frente ao processo de ensino e de aprendizagem no conteúdo de Ácidos-Bases da disciplina de Química em estudantes do Ensino Médio, com uma abordagem segundo a TAS com aplicação das UEPS como sequência didática.

A escolha pelo conteúdo de Ácidos-Bases se deu pelo fato de que, apesar de ser um conteúdo com grande potencial de contextualização, os conceitos teóricos nos estudantes se encontra limitado, como puderam concluir os seguintes autores em suas pesquisas acadêmicas:

- Em sua dissertação, Oliveira (2008) apresenta que tais conteúdos não são ensinados de forma clara, o que gera uma complexidade na formação de uma nova estrutura organizacional do conhecimento científico. Muitas vezes o aluno se prende a regras desarticuladas e não percebe casos que fogem a regra de algumas teorias de Ácidos-Bases. Os resultados revelam que os estudantes apresentam muitas das concepções alternativas encontradas na literatura, notadamente a ideia de que os ácidos são corrosivos. Outro dado interessante levantado é que a quase totalidade dos estudantes responderam ao questionário indicando apenas o conceito de Arrhenius;
- Filgueira (2010) em sua dissertação de mestrado sobre a investigação das concepções dos estudantes sobre Ácidos e Bases, concluiu que não há uma progressão conceitual do tema, o que causa sérias limitações no entendimento de conceitos mais complexos. A autora ainda propõe que nos ensinamentos fundamentais e médios deveria haver uma simplificação dos conteúdos, como a apresentação apenas da teoria de Arrhenius e ligar tal teoria com o “comportamento” ácido e básico, pois as outras teorias podem gerar uma dificuldade no processo de aprendizagem.

Pergunta diretriz: Considerando as perspectivas da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, de que forma o uso de Objetos de Aprendizagem em sala de aula podem contribuir no processo de ensino e de aprendizagem no conteúdo de Ácidos-Bases da disciplina de Química?

Como hipótese, considera-se que o uso dos Objetos de Aprendizagem influencia positivamente no ensino e aprendizagem dos alunos do ensino médio, melhorando a compreensão do conteúdo de Ácidos-Bases, favorecendo um processo de Aprendizagem Significativa em sala de aula.

O objetivo geral da presente dissertação constitui em analisar o emprego de Objetos de Aprendizagem (OA) como instrumentos potencialmente significativos no ensino de Ácidos-Bases no Ensino Médio, a partir dos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Para tanto foi feito uso das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como método de construção de uma sequência didática.

Objetiva-se especificamente:

- Identificar conhecimentos prévios, por meio de questionários, entrevistas retrospectivas e mapas conceituais, dos envolvidos na pesquisa, considerados relevantes para a Aprendizagem Significativa;
- Elaborar uma sequência didática de ensino de Ácidos-Bases baseadas nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS);
- Identificar as percepções dos participantes da pesquisa sobre como o uso de Objetos de Aprendizagem influenciou na construção do conhecimento do conteúdo de Ácidos-Bases;

A pesquisa apresentada aqui está organizada em cinco capítulos. No segundo capítulo serão apresentados os referenciais teóricos que servirão de embasamento teórico para a seguinte pesquisa.

O terceiro capítulo compreende a descrição do desenho metodológico, caracterizando o tipo de pesquisa, o contexto em que ocorreu, os sujeitos que participaram, os instrumentos que foram usados para coleta e análise dos dados.

O quarto capítulo trata da análise dos dados obtidos da aplicação da pesquisa.

E o quinto e último capítulo é apresentada a conclusão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

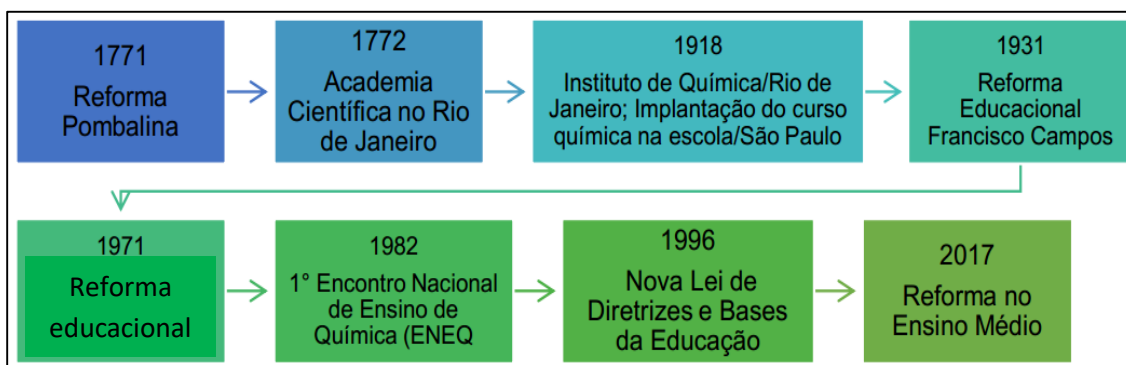
No presente capítulo tem-se numa abordagem sobre o Ensino de Química que será apresentado um breve histórico da evolução dessa ciência no Brasil, bem como o processo de ensino da disciplina com uma análise sobre seus objetivos e importância na formação científica, além de discutir sobre as dificuldades da prática docente desta disciplina. Em seguida, serão apresentados os referenciais a cerca dos Objetos de Aprendizagem, suas várias definições e suas aplicações no Ensino de Química, além de ser apresentado o simulador PhET que será empregado na pesquisa, suas características e os resultados já obtidos anteriormente com o uso dos OA deste simulador no Ensino de Química por outros pesquisadores. Por seguinte, são abordados os conceitos básicos que envolvem a TAS e que fundamentam a sequência didática de ensino que será utilizada como método de ensino e que também estará presente no referencial teórico em questão. Descrevem-se ainda os conceitos químicos a cerca dos estudos de Ácidos-Bases que serão base dos estudos da ciência para verificação das potencialidades e fragilidades dos OA neste conteúdo específico.

2.1. Ensino de Química no Brasil

As primeiras pesquisas brasileiras a respeito da educação química datam de 1978, mostrando assim um pouco tempo de consolidação nacional. Perante este pouco tempo de tradição, é de se imaginar que muita coisa ainda está em processo de solidificação, com isso, muitos erros ainda estão sendo resolvidos, muitos estudos ainda estão se desenvolvendo a fim de se tornar uma área consolidada e com maior credibilidade perante as outras áreas que englobam o meio químico.

Durante a evolução do Ensino de Ciências, a disciplina de Química começou a ganhar forma e se tornar uma área isolada das ciências em geral para fazer parte do currículo da Educação Básica. A Figura 1, na página a seguir, apresenta a evolução cronológica da disciplina Química na educação básica brasileira.

Figura 1- Evolução do Ensino de Química no Brasil



Fonte: Adaptado de SILVA (2006).

No de 1771 com a reforma pombalina, tem-se o marco inicial do ensino de ciências experimentais no Brasil, ainda assim, os estudos de Química eram efetivados de forma extremamente teórica e livresca. Já no ano de 1772, foi inaugurada a Academia Científica no Rio de Janeiro, a qual apresentava uma seção específica à Química, o que ajudou a desenvolver pesquisas de extrema importância com publicações para a sociedade científica europeia. Anterior a isso não existiu no Brasil nenhuma menção a respeito do Ensino de Ciências. No período colonial não houve avanços científicos significantes muito devido à apatia dos portugueses em relação aos avanços tecno-científicos que ocorriam na Europa durante a época. Têm-se apenas as formações jesuítas, mas que buscaram um ensino de formação humanista e elitista (PORTO; KRUGER, 2013).

A vinda da família real portuguesa devido à invasão de Portugal por Napoleão deu início ao Reino Unido de Portugal, Brasil e Algarves. Nesse período temos o começo da estruturação das atividades científicas no Brasil. É neste período que começam a funcionar as escolas de formação técnica (PORTO; KRUGER, 2013). Há nesse período a inclusão da disciplina de Química no curso de engenharia da Academia Real Militar. Em decorrência disto, houve um aumento de produções científicas e publicações de livros impressos, como por exemplo, o *Compendio das Lições de Chymica* do autor Daniel Gardner (MOTOYAMA, 2000).

Em 1812 é criado o Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro que foi o primeiro laboratório na qual a química não estava vinculada ao ensino, mas na análise de materiais, produtos e substâncias encontradas na natureza, oriundos das diversas colônias portuguesas na Ásia, África e Brasil (SANTOS, 2004).

Em 1818 é fundado o Museu Real composto por laboratórios de química que tinham a finalidade de fazer pesquisas relacionadas ao refino de metais preciosos em decorrência do início da exploração de ferro iniciado pelo alemão Willhelm Ludwig von Eschwege (SANTOS, 2004).

Durante o governo do imperador D. Pedro II, que governou entre 1831 a 1898, este se demonstrou um grande amante da Química, possuindo até um laboratório privativo no palácio da Quinta da Boa Vista. Era constante sua presença em aulas e encontros de discussão científica, tendo conhecimento das obras de Gay-Lussac, Dalton, Berzelius, Laurent, Gerhardt e Berthelot. Durante idas a Europa teve contato com diversos cientistas renomados, tais como Pasteur, Thompson, Lord Kelvin, Charles Wurtz, van'tHoff. Nesta época, o imperador já era membro da Academia das Ciências de Paris. Durante toda sua vida, a Química lhe foi de grande interesse intelectual, mas não como aliada para o desenvolvimento industrial e econômico da nação, como ocorrera na Alemanha. A sua morte em 1891, marcou uma grande estagnação científica no país durante muitos anos. Somente na década de 1920 que inicia uma mudança aos preconceitos anticientíficos e à resistência dos positivistas a criação de universidades (FILGUEIRAS, 1988).

Durante o Império e nos primeiros anos do século XX, a Química apareceu apenas como uma atividade suplementar a poucos laboratórios e como disciplina nas poucas escolas profissionalizantes. No ano de 1918 tem-se a criação do primeiro curso oficial de Química oferecido pelo Instituto de Química no Rio de Janeiro. Em 1919 são criados oito cursos de Química Industrial anexos às instituições já existentes, tais como a Escola Politécnica de São Paulo e a Escola de Engenharia de Porto Alegre. Em 1920 é criado o curso de Química Industrial Agrícola em associação à Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária. Em 1926, a Escola Politécnica de São Paulo teve a iniciativa de fundir os cursos de “químicos” e “engenheiros industriais” em um só, denominado de Engenharia Química. Em 1933, é criada a Escola Nacional de Química (ENQ) no Rio de Janeiro com um currículo mais amplo e adaptado à evolução química da época, chegando a se destacar em comparação a outras Universidades fora do Brasil e formando, entre os anos de 1934 a 1952 um total de 573 Químicos Industriais (SILVA *et al.*, 2006).

No Ensino Secundário brasileiro, a Química passou a fazer parte como disciplina regular somente a partir do ano de 1931, com a reforma educacional Francisco Campos, que visava uma organicidade de disciplinas e alinhava o Brasil aos países mais

desenvolvidos. A disciplina de Química era ministrada nas três últimas séries, juntamente com a Física e a História Natural (DALLABRIDA, 2009).

Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 5.692 de 1971, o ensino médio passou a ter características profissionalizantes com caráter técnico-científico e com o objetivo de formação necessária a qualificação para o trabalho. Os estudos de Ciências tinham a função do desenvolvimento do raciocínio lógico, matemático, operacional e conhecimento da linguagem científica para interpretação de dados e formação de teorias. A Química fazia parte de uma disciplina maior denominada por “Ciências Físicas e Biológicas” (SCHEFFER, 1997).

Em 1982, o ensino profissionalizante sofreu reformulação com a Lei 7.044, que alterou dispositivos da reforma educacional de 1971. Com a reforma é posto um fim à profissionalização obrigatória e o ensino deixa de ter como objetivo geral a “qualificação para o trabalho” para “preparação para o trabalho e exercício consciente da cidadania” e o estudo de Química passa a ter os seguintes objetivos gerais:

(...) levar o aluno, através dos conhecimentos adquiridos, a analisar fatos, fenômenos e princípios da Ciência Química relacionando-os com o caráter dinâmico do Universo; a intensificar o seu interesse pela pesquisa científica, através de práticas demonstrativas, trabalhos práticos e relatórios de pesquisa; desenvolver hábitos de estudo, de rigor e de precisão no uso da linguagem química; assim como associar a química teórica com a prática, levando o educando a observar os fenômenos químicos que o cercam no seu dia-a-dia (...) desenvolver atitudes favoráveis à valorização dos aspectos técnicos dos problemas econômicos do nosso País, relacionados com as indústrias e riquezas minerais, considerando a validade do equilíbrio ecológico (SHEFFER, 1997, p. 184).

Até a presente data não havia na comunidade científica estudos e pesquisas que focassem sobre o campo de Ensino de Química. Segundo Schnetzler (2002), somente em 1982, durante a conferência do 1º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), realizado no Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que foram conceituados os focos da pesquisa em Ensino de Química, que são elencados a seguir:

- O Ensino de Química consiste no aperfeiçoamento do ensino e aprendizagem de química;
- Utiliza-se de teorias da psicologia, sociologia, filosofia, etc.;
- Utiliza-se de técnicas, tais como: testes, observações, questionários, entrevistas para obtenção de resultados.

Na referida conferência também foram definidas as diferenças entre as pesquisas em Ensino de Química e a Química propriamente dita:

- O Ensino de Química investiga sobre pessoas e não sobre elétrons;
- Os resultados da pesquisa podem sofrer variações de acordo como tempo e local;
- Não há ainda um método de pesquisa bem estabelecida e aceita;
- Não existe ainda um sistema de publicação bem estabelecido.

Na década de 1990, ocorre uma profunda reforma no Ensino Médio com a implantação da LDB nº 9.394 de 1996. Visando atender a exigências impostas pela globalização, são lançados os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM). Com relação ao Ensino de Química, a proposta dos PCNEM era que os conhecimentos nele envolvidos fossem explicitados a multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico de seus conteúdos (BRASIL, 1999).

Com uma visão de um Ensino Médio significativo e considerando o valor cultural da Química enquanto instrumento fundamental numa educação de qualidade, são divulgados em 2002 as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) com a finalidade de discutir o andamento do aprendizado nos diferentes contextos e condições de trabalho das escolas brasileiras, de forma a responder às transformações sociais e culturais da sociedade contemporânea, levando em conta a LDB, bem como, contribuir para a implementação de reformas educacionais (BRASIL, 2002).

Segundo os PCN+ a nova proposta de Ensino de Química se contrapõe ao tradicionalismo dos antigos magistérios, que visavam um ensino focado na memorização de informações, fórmulas, nomes e conceitos desvinculados com o cotidiano dos alunos. Tal nova asserção pretende que o aluno:

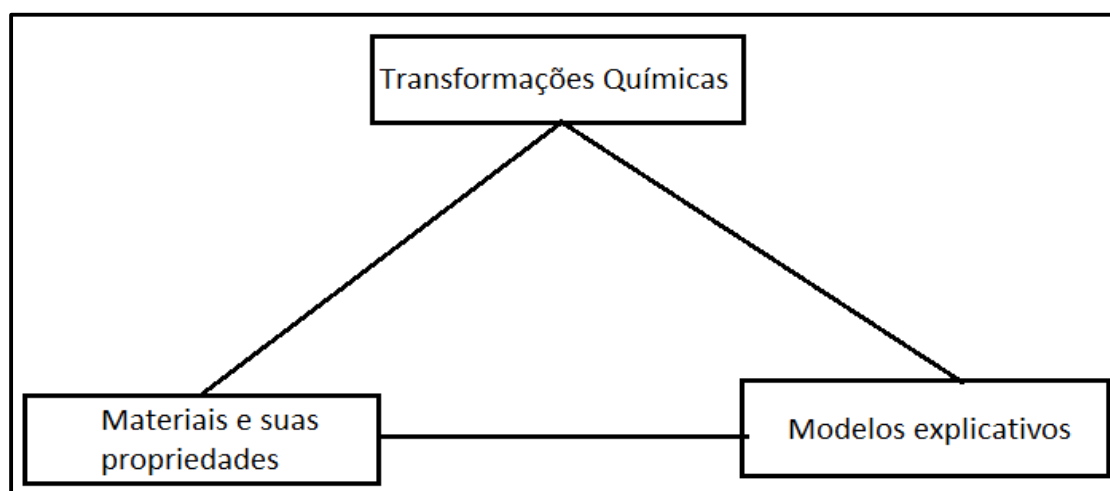
(...) reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola (...) compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2002, p. 87).

Nesta disposição do Ensino de Química, é de grande relevância utilizar um tratamento destacando a visão dos conhecimentos por ela desenvolvidos numa

perspectiva de construção histórica da natureza humana, o qual, sendo objeto de sistemáticos processos de produção e reconstrução sociocultural, vem sendo recontextualizado e usado com significados ora mais ora menos estabilizados, mediante o uso de linguagens e modelos próprios, em contextos diversificados (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Considerando isto, os PCN+ destacam que a Química deve ser estruturada como um conhecimento que se estabelece através de eixos, mediante relações complexas e dinâmicas envolvendo um tripé constituído por: transformações químicas, os materiais e suas propriedades e os modelos explicativos (BRASIL, 2002), como mostra a Figura 2:

Figura 2 - Eixos de Ensino da Química



Fonte: Adaptado de PCN+ (2002)

Estabelecer uma inter-relação entre esses três aspectos é fundamental para que se possam compreender os vários tópicos de conteúdo químico estudados no Ensino Médio.

Considerando o aspecto fenomenológico que diz respeito aos fenômenos de interesse da Química, é importante destacar que o fenômeno pode estar materializado na atividade social dos estudantes, no cotidiano e nas suas interações com o mundo físico. São essas relações de contextualização que mostram que a ciência química está na sociedade e que demonstram que tais fenômenos não se limitam àqueles reproduzidos dentro dos laboratórios (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

A grande importância no Ensino de Química não se encontra exclusivamente na apropriação de um conhecimento crítico-científico, pois se ensina química para que o

estudante como cidadão, possa interagir da melhor forma com o mundo, proporcionando uma facilidade maior na realização da interpretação de seu mundo (CHASSOT, 2014).

O fato de que muitos conceitos, representações estudadas em sala de aula, como estruturas, fórmulas e cálculos encontram-se fora da vivência cotidiana dos alunos, torna-se uma importante dificuldade no Ensino de Química (CHASSOT, 2014). Portanto, a relevância desse conhecimento não se encontra apenas em determinada área, mas na exploração dessa área para que possa a partir do seu estudo compreender e contribuir para uma compreensão do mundo em geral, bem como das vivências que os alunos adquirem no dia a dia.

O Ensino de Química, bem como toda a área de Ciências da Natureza, possui uma grande importância qualitativa no aperfeiçoamento intelectual de estudantes do Ensino Médio. Este ensino busca criar uma ruptura com visões pragmáticas a respeito do conhecimento da natureza, para tal, é de suma importância desenvolver nos alunos um conhecimento crítico e científico a respeito de assuntos peculiares relacionados a tal conhecimento e agreguem valor na compreensão do mundo que este aluno está inserido. Entendendo e compreendendo assim, é essencial que os professores mantenham uma organização curricular, bem como, uma aproximação do que é ministrado em sala de aula com o que ocorre em prática na vida cotidiana dos alunos (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995).

Esta visão preocupada com o aprendizado do estudante, bem como seu desenvolvimento crítico-cognitivo passou por diversas construções até chegarmos às definições muito explicitadas nos textos de Paulo Freire, bem como de outros educadores. Anos atrás havia a supremacia da metodologia marcada pelo chamado modelo “bancário”, na qual o aluno se restringia apenas a receber o conhecimento, como um banco, mas sem uma visão crítica a respeito do que era lhe apresentado, isto não apenas no Ensino de Química, mas de todo o conteúdo curricular-disciplinar (FREIRE, 1987). A extrema complexidade do mundo atual não mais permite este tipo de ensino-aprendizagem, exige-se que o estudante se posicione, julgue, opine e tome decisões, e seja responsabilizado por isso.

A necessidade de formar cidadãos preparados para o mercado de trabalho atual se torna uma necessidade cada vez mais em ascensão devido ao desenvolvimento capitalista em que a sociedade está inserida. Formar cidadãos não se restringe apenas a

formar conhecedores de leis, direitos e deveres, mas uma visão crítica, ampla a respeito de temas cotidianos (BUFFA, ARROYO; NOSELLA, 1987).

No tocante a Química, a ciência e a tecnologia, este censo crítico é ainda mais atuante no cotidiano dos cidadãos, seja por meio das consequências que nos trazem ou pelos produtos que são consumidos (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004). O objetivo básico do ensino de química na formação do cidadão compreende a abordagem de informações químicas fundamentais que permitam ao aluno participar ativamente na sociedade, tomando decisões com consciência de suas consequências. Desta forma o conhecimento químico não aparece não como o fim, mas, como objetivo para o desenvolvimento das habilidades básicas de um cidadão (SANTOS, 1992).

As propostas de ensino geralmente não têm considerado as inter-relações que envolvem os fatos químicos e sua inserção e funcionamento no mundo (MACHADO, 2004). Uma das orientações apontada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) no intuito de melhorar o ensino é a utilização de temáticas que promovam relações entre o currículo eleito e as vivências dos estudantes.

Deve-se considerar ainda a importância, na organização das práticas do ensino, de se levar em conta a visão de que o conhecimento químico é uma construção humana histórica e específica, o qual, sendo objeto de sistemáticos processos de produção e reconstrução sociocultural, vem sendo recontextualizado e usado com significados ora mais ora menos estabilizados, mediante o uso de linguagens e modelos próprios, em contextos diversificados (BRASIL, 2002).

O processo de aprendizagem do conhecimento químico visa capacitar os alunos a compreender não apenas os processos químicos em si, mas também uma “(...) construção de um conhecimento científico com estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2000, p. 31).

Considerando a importância da construção de tal conhecimento científico, acredita-se que o uso de ferramentas tecnológicas, como Objetos de Aprendizagem (OA), com aplicação pedagogicamente adequada, possa ampliar a prática de ensino e aprendizagem, promovendo alterações consideráveis na ação docente, bem como mudanças significativas no processo de aprendizagem dos alunos.

2.2. As várias definições de um Objeto de Aprendizagem

Atualmente, a informática vem ganhando bastante espaço no mercado. É crescente a demanda de dados processados em diversos campos de atuação. Em decorrência destes avanços, ela passou a ser incorporada também na educação. Desde o início da década de 2000, após tentativas bem sucedidas e algumas frustradas, diversos pesquisadores do mundo todo desenvolveram os chamados Objetos de Aprendizagem (OA). O principal objetivo era disponibilizar recursos digitais que facilitassem a relação de ensino e aprendizagem nas salas de aulas (SILVA; FERNANDEZ, 2007).

Os estudos sobre OA datam do início dos anos 2000. A origem do termo Objetos de Aprendizagem é atribuída a Hodgins (2002). Este autor parte de uma experiência familiar do uso de blocos de LEGOTM e a associação do uso destes objetos no processo de aprendizagem de acordo com as características dos aprendizes (HODGINS, 2002). Segundo o mesmo autor, a mais poderosa promessa da tecnologia da informação é a sua capacidade de capturar conhecimento para que possa ser analisado, reutilizado, compartilhado e usada para criar conhecimento. A ideia de origem é que os OA sejam como blocos que irão construir a aprendizagem de quem faz uso deles.

Existem diversas outras denominações para OA na literatura disponível, tais como: Objetos Educacionais (FABRE; TAMUSIUNAS; TAROUCO, 2003; AFONSO *et al.*, 2011;); *Software* Educacional (TEIXEIRA; BRANDÃO, 2003); Objeto de Comunicação (MUZIO *et al.*, 2001 *apud* AUDINO; NASCIMENTO, 2010); Unidade de Conteúdo Instrucional (BUZZETTO-MORE; PINHEY, 2006); Objeto Ativo (WILEY, 2000); Documentos Pedagógicos (ARIADNE, 2002).

Muitas pesquisas associam sempre o conceito de OA com materiais digitais, mídias, tecnologias da informação e comunicação, destacando características de interatividade entre aluno e OA (OLIVEIRA; PORROZZI, 2009; MIRANDA, 2004; WILEY, 2000; FABRE *et al.*, 2003; MACHADO; SÁ FILHO, 2003; SALAS; ELLIS, 2006).

Segundo Miranda (2004) um OA é:

(...) qualquer recurso digital com valor pedagógico demonstrado, que pode ser usado, reusado ou referenciado para suporte de aprendizagem. Os objetos de aprendizagem podem ser uma animação do FLASH, um Quis online ou um filme QUICKTIME, mas pode também ser uma apresentação Power Point ou arquivo pdf, uma imagem, um site ou uma web Page. (MIRANDA, 2004, p. 22).

De acordo com Wiley (2000), a ideia fundamental por trás de um OA é que no processo de aprendizagem, podem criar pequenos componentes instrucionais que podem ser reutilizados várias vezes em diferentes contextos de aprendizagem. Além disso, os OA são geralmente entendidos como entidades digitais entregues pela *Internet*, o que significa que qualquer número de pessoas pode acessá-los e usá-los simultaneamente. Ademais, aqueles que incorporam OA podem colaborar e se beneficiar imediatamente de novas versões. Para o autor, essas são diferenças significativas entre OA e outras mídias instrucionais que existiam anteriormente.

De acordo com as definições de Carneiro e Silveira, um OA é:

(...) quaisquer materiais eletrônicos (como imagens, vídeos, páginas web, animações ou simulações), desde que tragam informações destinadas à construção do conhecimento (conteúdo autocontido), explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados de tal forma que possam ser reutilizados e recombinaados com outros objetos de aprendizagem (padronização). (CARNEIRO; SILVEIRA, 2014, p. 239).

Já para outros autores, um OA não precisa ser necessariamente uma entidade digital, informatizada. Gutierrez (2004) considera para além de um material digital:

Um objeto de aprendizagem pode ser conceituado como sendo todo o objeto que é utilizado como meio de ensino/aprendizagem. Um cartaz, uma maquete, uma canção, um ato teatral, uma apostila, um filme, um livro, um jornal, uma página na web, podem ser objetos de aprendizagem. A maioria destes objetos de aprendizagem pode ser reutilizada, modificada ou não e servir para outros objetivos que não os originais. Em muitas escolas existe aquele famoso depósito, nem sempre muito organizado, onde se guardam (às vezes, sepultam) objetos que fizeram parte de aulas e projetos. Um depósito de onde se recuperam estes objetos para reutilização, modificação, até que o desgaste inviabilize novas transformações e utilizações. (GUTIERREZ, 2004, p. 6).

Percebe-se aqui uma ideia de para além de uma entidade digital. Neste ponto, um OA precisa ter a funcionalidade de facilitar o processo de ensino e aprendizagem, para tanto pode ser qualquer material, mas que tenha como condição a explicitação dos seus objetivos pedagógicos, que tenha contido o conteúdo abordado e permita ser reutilizado em outras atividades, para além da que foi planejado.

Percebe-se aqui uma categorização mais ampla para um OA, não imperiosamente relacionada a um recurso midiático, a uma Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) ou arquivos informatizados. Tem-se uma definição de que qualquer objeto que favoreça a aprendizagem e que tenha propósitos educacionais bem delimitados composto de todos os componentes didáticos necessários pode ser categorizado como um OA.

Spinelli (2007) retoma a ideia de que um OA seja uma entidade digital quando afirma que:

Objeto virtual de aprendizagem é um recurso digital reutilizável que auxilia na aprendizagem de algum conceito e, ao mesmo tempo, estimula o desenvolvimento de capacidades pessoais, como por exemplo, imaginação e criatividade (...) pode tanto contemplar um único conceito quanto englobar todo o corpo de uma teoria (SPINELLI, 2007, p. 7).

Na mesma vertente de Spinelli, temos a concepção do CAREO – *Campus Alberta Repository of Educational Objects*, que trata de um projeto de coleção de materiais de ensino multidisciplinares e baseados na *Web*, realizado pelas Universidades de Alberta, Calgary e Athabasca, que define um OA como: "(...) qualquer recurso digital com valor pedagógico demonstrado, que pode ser usado, reusado e referenciado para suporte de aprendizagem" (CAREO, 2000 *apud* Miranda (2004, p.22)).

Ainda segundo o autor, uma exemplificação dos OA pode ser vista em um "(...) *applet Java*, uma animação *Flash*, um *quiz online* ou filme *QuickTime*, mas pode ser também uma apresentação *Power Point* ou arquivo *.pdf*, uma imagem, um *site* ou uma *webpage*"

Essa mesma concepção de entidades digitais, reusabilidade e interatividade para um OA são defendidas por diversos outros autores (POLSANI, 2003; JOHNSON, 2003; TAROUCO *et al.*, 2003; JOHNSON; HALL, 2007; KAY; KNAACK, 2008; BEHAR, 2009).

Constata-se aqui que não existe uma definição única a respeito do que trata um OA, mas em boa parte dos artigos acadêmicos disponibilizados em revistas, anais, livros e repositórios, tratam da primeira definição dos autores citados (OLIVEIRA; PORROZZI, 2009; MIRANDA, 2004; WILEY, 2000; TAROUCO *et al.*, 2003; SÁ FILHO; MACHADO, 2003; SALAS; ELLIS, 2006; SPINELLI, 2007; CAREO, 2000; POLSANI, 2003; JOHNSON, 2003; TAROUCO *et al.*, 2003; JOHNSON; HALL, 2007; KAY; KNAACK, 2008; BEHAR, 2009) que consideram o uso de recursos midiáticos, tecnologias da informação, *softwares*, materiais eletrônicos, informatizados, que tenham um propósito metodológico de ensinar habilidades, conteúdos através de uso de ferramentas e linguagem que possam favorecer o processo de aprendizagem em quem faz uso de tal dispositivo. Desta forma, será considerada esta visão sobre os OA nesta pesquisa.

No Quadro 1, a seguir, são destacadas as condições definidas por Silveira e Carneiro (2012) para que um determinado recurso educacional seja considerado um OA.

Quadro 1 - Condições para um recurso educacional ser considerado um OA.

Condição	Detalhamento
Explicitar claramente um objetivo pedagógico	Propiciar orientações claras para que o aluno saiba o que se espera que ele aprenda ao usar o objeto de aprendizagem e o professor (distinto de quem produziu o objeto) saiba como poderia usar o mesmo.
Priorizar o digital	Priorizar o desenvolvimento de objetos de aprendizagem que não necessitem, para sua utilização, de aplicativo ou programa que não esteja disponível gratuitamente na web.
Prover auxílio aos usuários	Oferecer auxílio ao usuário via interface e via instruções facilmente acessíveis.
Proporcionar interatividade	Proporcionar que o usuário possa interagir, executando ações com o objeto.
Proporcionar interação	Permitir ações entre os usuários (alunos, professores, tutores, etc.) a partir do e/ou no objeto.
Fornecer <i>feedback</i> constante	Manter o usuário sempre informado do estado atual de sua interação com o OA.
Ser autocontido	Ter foco em um determinado assunto e o explicar sem necessariamente depender de outros objetos e/ou materiais.

Fonte: Silveira e Carneiro (2012).

Tais condições serão consideradas no decorrer da aplicação da pesquisa onde serão verificadas no final da pesquisa juntamente com o olhar crítico dos usuários dos OA utilizados quais condições foram destaques para o conteúdo específico de Química.

2.3. O Ensino de Química e o uso da informática

Como explanado anteriormente, o Ensino de Química trás historicamente diversos problemas no seu processo de ensino e aprendizagem. Muitos dos conteúdos se apresentam com muitas dificuldades no interesse dos alunos, o que tem levado muitos profissionais a se preocuparem em analisar a relevância da área científica. Ainda hoje, muitos alunos veem o Ensino de Química como maçante, cansativo e, por conseguinte, não relacionam o componente curricular com suas próprias necessidades cotidianas

(ARAGÃO, 1993). Neste contexto, o componente curricular é apresentado de forma muito conservadora, o que dificulta o entendimento dos conteúdos pelos discentes.

Muitas vezes o componente curricular é ministrado por professores de forma que exige muito mais da memorização do que de desenvolver um conhecimento científico sólido, como cita Gabini (2005):

A forma como a Química vem sendo abordada, em muitas escolas, valoriza a memorização de nomes e fórmulas, apresenta informações desligadas da realidade dos alunos e reduz o conhecimento a inúmeras regras treinadas e fórmulas matemáticas. Muitas vezes se enfatiza certos conteúdos em detrimento de outros mais significativos, como por exemplo, quando se estuda a Tabela Periódica, destacando-se muito as propriedades periódicas, deixando-se de lado muitas informações sobre os próprios elementos, como ocorrência, propriedades, aplicações. (GABINI, 2005, p. 16).

Desta forma, o Ensino de Química conclama para si o uso e aplicações de tecnomídias, os OA, a fim de propiciar um meio favorável e efetivo da aprendizagem científica. Tais ferramentas indicam uma importante potencialidade no ensino, reforçando a ação docente em sala de aula de modo a favorecer de forma colaborativa e substancial a aprendizagem dos conteúdos químicos (MACHADO, 2016).

O uso de OA no Ensino de Química pode criar experiências práticas fazendo uso, por exemplo, de simulações em *softwares*, podendo os estudantes visualizarem moléculas, átomos e interagirem com outros conteúdos. Tal prática pode diminuir a abstração destes conceitos, superando as possíveis dificuldades na aprendizagem. Estas simulações são importantes instrumentos na mediação entre sujeito e conhecimento, pois há a capacidade de expansão de formas, visão, além de considerar a perspectiva de trabalhar em uma escala tridimensional.

É muito comum a disseminação da ideia da experimentação como principal estratégia de ensino para o componente curricular de Química visando uma interação entre aluno e os conceitos científicos a fim de perceber os diversos aspectos científicos, potenciais e limitações. Porém, muitas escolas não possuem uma estrutura laboratorial adequada para a realização de atividades experimentais. É neste momento que o uso da informática e recursos midiáticos, tecnologias da informação se mostram como excelentes ferramentas motivadoras que aumentam o interesse e participação dos alunos a cerca dos conceitos químicos abordados (CIRINO; SOUZA, 2009; GABINI, 2005).

Para Gabini (2005, p. 46) “A multiplicidade de usos do computador não permite que a prática docente e o processo ensino-aprendizagem desprezem sua presença no cenário escolar.” É inúmera a quantidade de OA que podem se tornar potenciais

ferramentas no Ensino de Química, desde *softwares*, simuladores, *sites*, blogs, entre outros. Desconsiderar o uso do computador e sua relevância no processo de ensino vai até de encontro com os PCN⁺.

O uso do computador no ensino é particularmente importante nos dias de hoje. (...). Há também, hoje em dia, um conjunto de programas para o ensino de Química disponível (no mercado e na rede), cuja aplicação aos alunos deve ser avaliada pelo professor, levando em consideração a qualidade do programa, das informações fornecidas, o enfoque pedagógico, a adequação ao desenvolvimento cognitivo do aluno e a linguagem. Esse recurso também pode ser usado pelo professor ou pelo aluno para a criação de seus próprios materiais: na redação de textos, simulação de experimentos, construção de tabelas e gráficos, representação de modelos de moléculas. É também um meio ágil de comunicação entre o professor e os alunos, possibilitando, por exemplo, a troca de informações na resolução de exercícios, na discussão de um problema, ou na elaboração de relatórios. (PCN⁺, 2012, p. 109).

Perante estas diversas funcionalidades, os OA realmente são utilizados na prática e seu uso tem trazido resultados satisfatórios para o Ensino de Química? A seguir são apresentados os resultados das pesquisas de alguns autores que utilizaram de OA nesta disciplina. Foi uma pesquisa do estado da arte que delimitasse o objetivo de identificar pesquisas que tratassem do uso de OA no Ensino de Química. Cabe ressaltar que o intuito foi mapear a produção atual sobre o uso de OA e não avaliar estas produções. Foram determinados o período de revisão e as fontes para coleta de dados conforme o tipo de produção analisada (teses e dissertações, artigos e trabalhos em eventos).

A obtenção dos trabalhos realizou-se a partir do levantamento e seleção de produções onde foram utilizadas as palavras chaves: Objetos de Aprendizagem; Ensino; Química, numa pesquisa avançada com produções que apresentassem esta série de palavras no título da produção. Os locais de buscas utilizados foram: Portal Periódicos CAPES e Google Acadêmico. O período de análise escolhido foi os últimos 5 anos e foram obtidos os seguintes trabalhos:

- Machado (2016) em sua pesquisa de revisão bibliográfica de artigos que relacionassem o tema do uso de OA com o Ensino de Química pôde constatar que os OA favorecem o processo de ensino e aprendizagem promovendo ainda o desejo pela pesquisa, que a ferramenta computacional tem um papel incentivador e mediador na aprendizagem. Mas ainda assim o autor delineou limitações no uso dos OA. Segundo o autor muitos *softwares* fazem uso da língua inglesa o que pode causar em alguns docentes certa dificuldade para tradução por não terem domínio básico da língua. Em seu artigo o autor também versa sobre os principais conteúdos abordados por professores que

fazem uso de OA, destacando-se: atomística, ligações químicas, tabela periódica, e concentração de soluções. Isso gera uma limitação no ensino do componente curricular, pois há vários outros conteúdos que são abordados em sala de aula;

- Oliveira (2017) fazendo uso de Objetos Virtuais de Aprendizagem do Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE) com estudantes do 9º ano do EF com ênfase em Química Ambiental. O autor constatou que são forte aliados no processo educativo, pois levam a compreensão;
- Silva (2016) também fazendo uso de um OA do BIOE avaliou o processo de Aprendizagem Significativa (AS) do conteúdo de Cinética Química com estudantes do 2º ano do EM. Segundo a autora houve uma AS por proporcionarem aos alunos uma visão mais ampla sobre cinética química.
- Silva (2017) elaborou e avaliou um OA sobre o conteúdo de ligações químicas com estudantes do 1º ano do EM. O autor pode evidenciar que o OA é um recurso educativo adequado para auxiliar a prática educativa e complementar até mesmo aulas teóricas através de práticas em cenário virtual;
- Guizzo *et. al* (2019) Avaliaram a aplicação do OA Rasmol no ensino de geometria molecular em um curso a distância com estudantes de curso técnico e graduação em licenciatura química. Foi considerada pelos participantes uma experiência positiva, sendo recursos de ensino extremamente importantes;
- Costa *et. al* (2016) ao tratarem sobre os equívocos quanto ao desenvolvimento e aplicação de um OA para o conteúdo de gases com estudantes do 2º ano do EM. Segundo os autores foram observadas algumas falhas no decorrer do uso deste OA e que por conta disso não tenha havido um aumento potencial do desempenho dos alunos. Apesar disto, segundo os autores, acredita-se que diversos OA, já construídos, podem ser adaptados e contextualizados no ambiente de ensino, desde que seja realizado um bom planejamento em perspectivas socioculturais;
- Mendes (2018) em sua dissertação elaborou e aplicou uma unidade didática utilizando OA juntamente com professores de EM. Através de conversas individualizadas com professores, percebeu-se que os OA mobilizam alunos e os aproximam. No entanto, os professores ainda tendem a permanecer

em zonas de conforto, o que se faz necessários mais cursos sobre o uso de tecnologias em sala de aula.

- Silva, Leite e Leite (2016) relatam uma experiência utilizando a produção de vídeos no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos sobre modelos atômicos, que estudantes do ensino médio elaboraram vídeos explicativos como alternativa para a compreensão dos conceitos químicos envolvidos. Segundo os autores, a elaboração dos vídeos possibilitou aos estudantes experimentarem diferentes contextos de aprendizagem, principalmente por considerarmos que a atividade proposta está relacionada com o uso das tecnologias;
- Figueiredo *et al.* (2016) pesquisaram os objetos educacionais oferecidos para o componente curricular de Química, disponibilizados pelo BIOE. Trataram de uma explanação a fim de quantificar todos os recursos presentes neste repositório voltados para o Ensino de Química nos níveis de ensino que esse componente curricular é lecionado. Segundos os autores, Os objetos de aprendizagem podem ser utilizados como forma de facilitar e inovar a abordagem dos conteúdos de Química. Uma das grandes vantagens na utilização destes recursos é a possibilidade de aproximação da teoria com a prática onde por meio de diversas simulações, o aluno é convidado a participar da construção do seu próprio conhecimento;
- Greszczyszyn, Filho e Monteiro (2016) analisaram as tecnologias computacionais que evoluíram para os smartphones, implementação de estratégias de ensino e de aprendizagem de Química no contexto da mobilidade (*mobile learning*) e da possibilidade de se ampliar o nível de compreensão da Química. Segundo os autores, a utilização de recursos tecnológicos nas aulas de Química está vinculada ao docente do componente curricular e ao colégio, uma vez que existe uma variedade de *apps* disponíveis em várias áreas de conhecimento da Química;
- Siqueira; Filho e Cirino (2018) verificaram o potencial pedagógico do *software* educacional “*The Law of Mass Action*” para o ensino do “Equilíbrio Químico”, com ênfase na construção dos conceitos de reversibilidade de reação e a relação entre a constante de equilíbrio e a formação dos produtos, numa reação química. Constataram uma eficiência, em especial na compreensão do

fenômeno como um todo, se tornando uma atividade muito válida, especialmente por ter aliado experimentação com simulações digitais.

É perceptível que já existem alguns estudos relacionando o uso de recursos midiáticos com o ensino de Química, mas é importante reforçar também a relação com a aprendizagem de tal disciplina.

Vem se tornando cada vez mais comum encontrar *softwares* disponíveis na *Internet* com objetivos de possibilitar aos estudantes e professores simular situações e testá-las. Como é o caso do portal PhET desenvolvido pela Universidade do Colorado. Este será o OA utilizado na presente pesquisa e servirá de suporte para o ensino de Ácidos-Bases com a finalidade de alcançar uma aprendizagem significativa naqueles que a fizerem uso.

A seguir será mais bem detalhado tal OA, suas características e pesquisas já realizadas que fizeram uso do mesmo no Ensino de Química.

2.3.1. Uso do Simulador PhET Simulações Interativas

Neste portal existem diversos simuladores educacionais nas áreas de ciências e matemática. Os OA disponíveis são dinâmicos, divertidos e baseados em pesquisas sobre aprendizagem e sua eficácia educacional. As simulações foram elaboradas em *Java*, *Flash* ou *HTML5*. As simulações presentes no PhET são animadas, interativas e envolventes, onde os estudantes aprendem através de exploração (PHET, 2018).

O portal é facilmente encontrado na *Internet* no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/, ao acessar a página de entrada do programa, encontra-se o layout apresentado na Figura 3, na página a seguir, onde dispõe de um espaço com simulações que podem ser utilizadas diretamente *online* ou baixadas para utilização *off-line*. O acesso é livre, o que possibilita a utilização da metodologia não só para estudos em sala, mas em casa também. Existem versões que são traduzidas em vários idiomas e a maioria das simulações disponíveis estão programas para executarem em sistemas operacionais como Windows (Microsoft); Macintosh (Apple) e Linux (*software* livre) (PHET, 2018).

Figura 3 - Página inicial portal PhET



Fonte: PHET (2018).

As simulações são criadas por uma equipe de conteúdo, educação e especialistas em design de interfaces, juntamente com professores experientes e profissionais desenvolvedores de *softwares*, além de passar por entrevistas com estudantes para identificar possíveis falhas (PHET, 2018). As simulações do projeto PhET possuem diversas características que são apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2 - Características das simulações PhET

Interatividade	As simulações permitem que os alunos interajam com os principais parâmetros para compreensão conceitual (por exemplo: adicionar ou remover solutos)
Feedback dinâmico	Cada interação resulta em um <i>feedback</i> visual (por exemplo: mudanças na coloração). Tal <i>feedback</i> ajuda os alunos a responder seus próprios questionamentos a medida como eles exploram o recursos.
Múltiplas Representações	Os alunos podem explorar e desenvolver conexões entre várias representações (por exemplo: coordenar representações de dipolos)
Ações pedagogicamente úteis	As simulações permitem ações que são difíceis ou impossíveis no mundo real, podendo fornecer informações que são difíceis de alcançar (por exemplo: permitir que se altere a eletronegatividade em átomos genéricos e ver o efeito nos polos das ligações)

Interface intuitiva	Envolvimento e exploração durante o uso pelos estudantes, minimizando barreiras na hora de utilizar (por exemplo: tela inicial simples). A interface permite instrução para se concentrar na compreensão conceitual, ao invés de se preocupar em como utilizar em si.
Conexões com o mundo real	Onde forem possíveis, as simulações são projetadas para conectar conceitos científicos à vida cotidiana dos alunos.
Desafios e Jogos	As simulações buscam envolver e divertir os usuários, provocando curiosidade e um senso de desafio para motivar a interação e exploração.
Orientação implícita	As simulações fornecem aos alunos uma orientação implícita, em vez de explícita. Tal orientação é realizada através de uma escolha cuidadosa de formato, cor e localização de objetos disponíveis, interatividade, <i>feedback</i> e sequenciamento de conceitos através de abas.

Fonte: adaptado de Moore *et al.* (2014).

Desde 2002, fundado pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder desenvolveu 127 simulações interativas para educação de ciências e matemática, com mais de 50 simulações para o Ensino de Química, 40 simulações em química geral e 13 simulações em química quântica, e todos disponíveis gratuitamente. O projeto tem como objetivo apoiar conteúdos/processos que auxiliem no ensino de forma acessível (PHET, 2018).

A combinação destas características do PhET produziram um conjunto de ferramentas que estão transformando a experiência educacional de alunos, apoiando a compreensão de conceitos científicos e matemáticos através da exploração, experimentação e discussão, além de ser uma ferramenta intuitiva, envolvente e divertida.

Serão apresentados a seguir alguns trabalhos envolvendo o uso das simulações PhET para o Ensino de Química disponíveis nas plataformas de busca de produções acadêmicas:

- Mendes; Santana e Júnior (2015) avaliaram as contribuições da simulação *Balancing-Chemical-Equations* no aprendizado de balanceamento de equações químicas em relação com o princípio de conservação de massa de Lavoisier. Os autores evidenciaram eficiência no uso da simulação em

associação a aulas expositivas, mostrando satisfatório na apresentação de ambiente microscópico dos fenômenos, que dificilmente seriam apresentados em uma aula comum;

- Piedade *et al.* (2016) também fizeram uso da simulação *Balancing-Chemical-Equations* como estratégia para a compreensão do balanceamento de reações químicas, em comparação com aulas expositivas. Constataram um aumento no nível de aprendizagem em comparação aos alunos que tiveram aulas expositivas sobre o tema. Fazendo uma comparação com a pesquisa anterior, os autores afirmam que o *software* não é robusto o suficiente para dispensar o professor de sala de aula no ensino de balanceamento;
- Dos Santos; Klein e Barin (2017) analisaram os OA *Forças em uma Dimensão*, *Concentração* e *Comer e Exercitar-se* presentes na plataforma PhET. Os autores concluíram que algumas das simulações, ao ver deles, necessitavam de mudanças em alguns aspectos técnicos, como emprego de imagens e apresentação de informações. Ainda assim, reforçam a importância do uso de tais ferramentas como auxiliares no processo de ensino de Química, cabendo ao professor saber escolher o OA de fácil acesso e que se encaixe muito bem em seu conteúdo;
- Escórcio (2018) analisou a influência do PhET no processo de aprendizagem do tema “Estudo dos gases” com discentes do curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Química. Concluiu que o uso do *software* permitiu uma melhor visualização dos fenômenos químicos, facilitando a compreensão. Os licenciados puderam conhecer a necessidade da inovação no espaço escolar através do uso de metodologias que explorem espaços virtuais;
- Aguiar (2016) fez uso do simulador *Estudo da matéria: básico* do portal PhET no ensino de estados de agregação da matéria. Pode concluir que o uso deste OA em sala de aula auxiliou uma interação do aluno com o conteúdo, tornando positivo o processo de aprendizagem;
- Vezú e Cirino (2017) investigaram a evolução das concepções de estudantes sobre o tema “Solubilidade de Sais”, a partir do uso do simulador *Sais e Solubilidade* presente no PhET. Constataram que o uso da simulação possibilitou a observação das características microscópicas do fenômeno da dissolução/solubilização;

- Da Cruz e Junior (2016) utilizaram a simulação *Construa uma molécula*, do portal PhET como facilitador no ensino de isomeria plana para alunos do 3º ano do Ensino Médio. Nesta pesquisa, os autores identificaram pouca eficiência do simulador como ferramenta de ensino em comparação a resolução de questões sobre isomeria com estudantes que não fizeram uso do *software*. Entretanto, consideram ser promissora se adaptada pelo professor para visualização de moléculas em ambiente 3D;
- Valdez (2017) analisou a influência do PhET no processo de aprendizagem dos estados de agregação da matéria. Concluiu que neste caso a ferramenta, por si só, não foi suficiente. Segundo o pesquisador, existem outros fatores externos que acabam por dificultar o processo de construção do conhecimento científico a partir do uso de recursos digitais, tais como a situação econômica, família e a metodologia de ensino do professor.

Pode-se perceber que em boa parte das pesquisas sobre o uso dos OA do portal PhET se mostraram satisfatórios, evidenciando eficiência no ensino e aprendizagem de Química, o que justifica a escolha pelos OA deste *software*. A seguir serão apresentados os OA do portal PhET que tratam do conteúdo de Ácido-Base e que foram utilizados na sequência didática a fim de avaliar o uso de OA no ensino destes conceitos químicos.

2.3.1.1. Os OA “Soluções Ácido-Base”, “pH: Básico da Escala” e “Escala de pH”

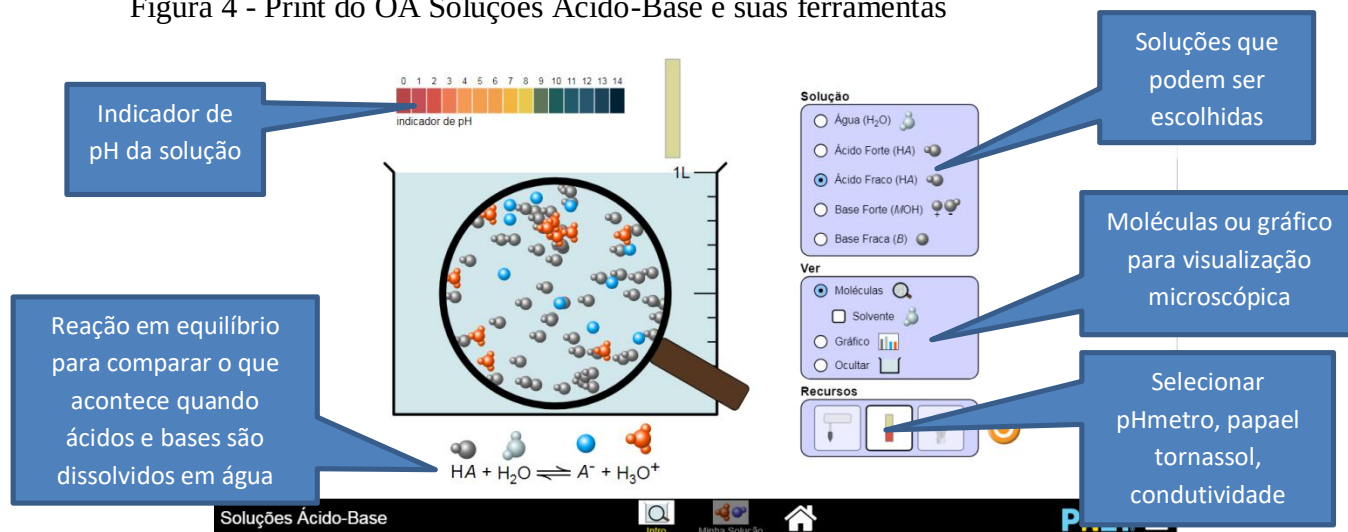
Estes são os três OA presentes no portal PhET Simulações Interativas que tratam do conteúdo de Ácidos-Bases, conceito químico foco da presente pesquisa e que foram utilizados durante o processo de ensino. A seguir serão detalhadas as características de cada um dos OA que serão empregados.

O primeiro OA, *Soluções Ácido-Base*, disponibiliza soluções como água (H_2O), Ácido Forte (HA), Ácido Fraco (HA), Base Forte (MOH) e Base Fraca (B). Vale ressaltar aqui que o OA não especifica a espécie química que trata cada uma das soluções disponíveis, nem mesmo a concentração.

O usuário pode visualizar as espécies microscópicas em equilíbrio químico com o solvente, além de ver em gráfico a concentração (mol/L) das espécies químicas presentes na solução escolhida. O OA oferece também um quadro com recursos de um

pHmetro, fita indicadora, além de um sistema com polos interligados a uma lâmpada a fim de verificar a existência de condutividade elétrica pela solução (Figura 4).

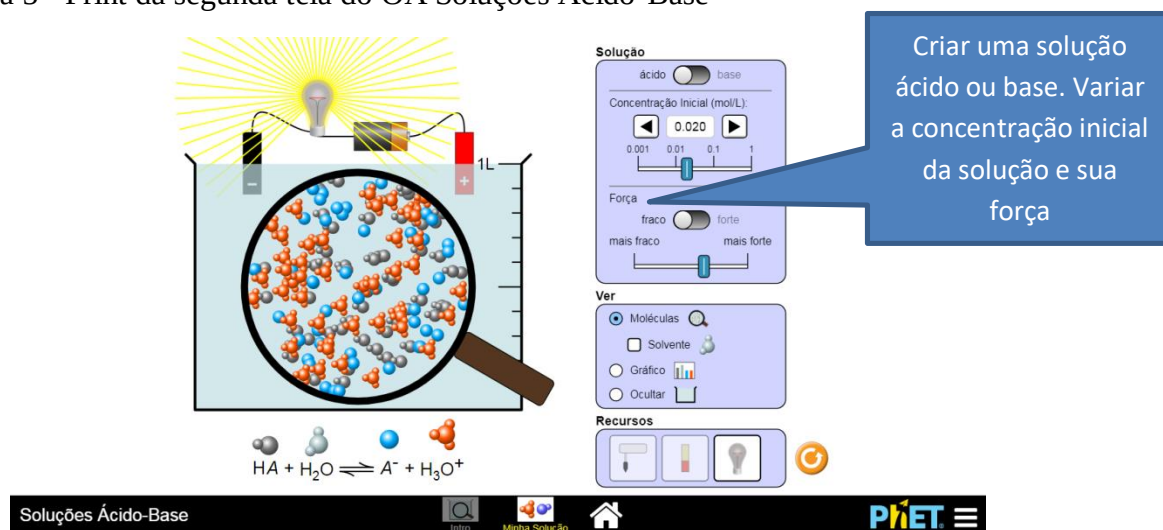
Figura 4 - Print do OA Soluções Ácido-Base e suas ferramentas



Fonte: PHET (2018).

O mesmo OA também apresenta outra tela onde o usuário pode modificar uma solução nas características que ele quiser, podendo inicialmente escolher se será uma solução ácida ou básica, definir as concentrações iniciais (mol/L) e a força do ácido/base. Como também utilizar dos mesmos recursos de visualização microscópicas das espécies químicas em solução, além dos recursos de verificação de pH e condutividade (Figura 5).

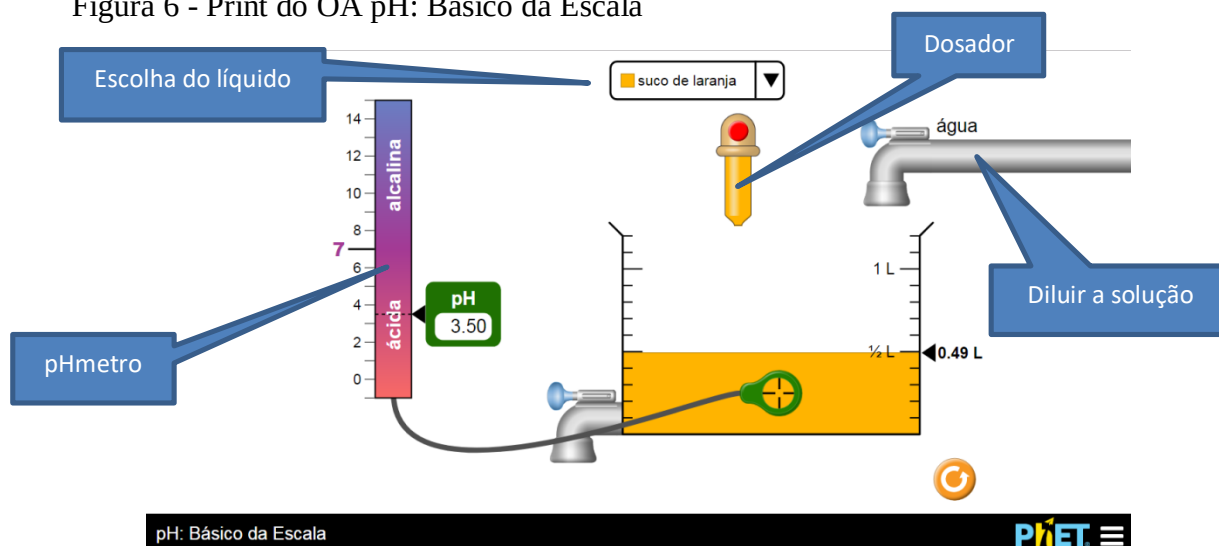
Figura 5 - Print da segunda tela do OA Soluções Ácido-Base



Fonte: PHET (2018).

O segundo OA, *pH: Básico da Escala*, dá ao usuário diversas soluções para escolha onde o participante irá adicionar no béquer e poder verificar o pH utilizando um pHmetro que apresenta uma escala de pH. O estudante pode também diluir a solução adicionando água à solução escolhida (Figura 6).

Figura 6 - Print do OA pH: Básico da Escala

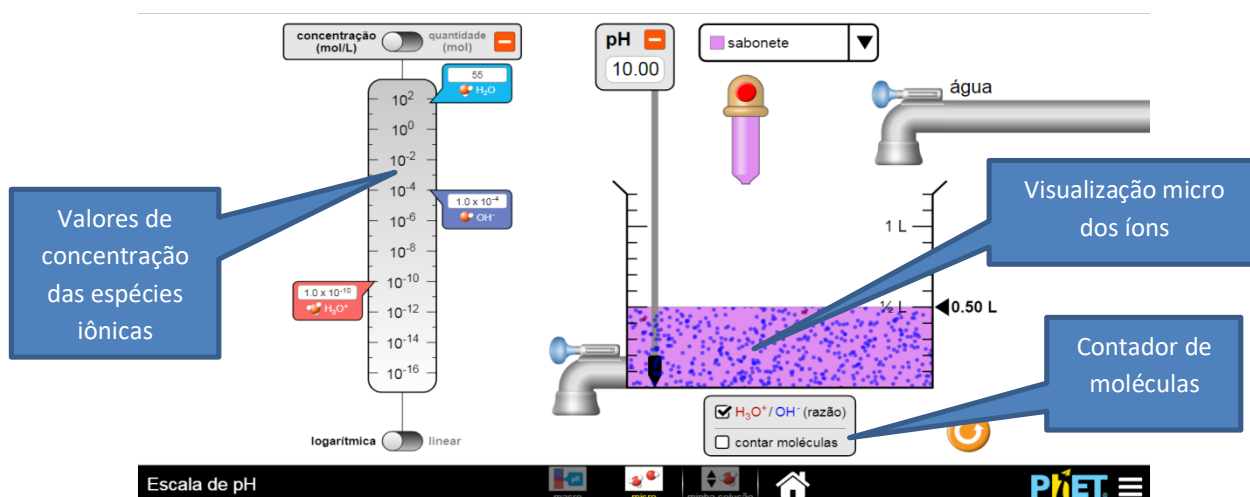


Fonte: PHET (2018).

O OA apresenta uma gama de líquidos presentes no dia-a-dia para serem verificados o pH. Listados: líquido secante, sabonete, sangue, saliva, leite, canja de galinha, café, suco de laranja, refrigerante, vômito e ácido de bateria.

O terceiro OA do portal PhET Simulações Interativas a ser utilizado será o *Escala de pH*. O OA apresenta as mesmas opções para escolha dos líquidos citados do OA anterior, podendo ser verificado o pH, diluição, além de uma visão microscópica e concentração as espécies iônicas presentes (Figura 7).

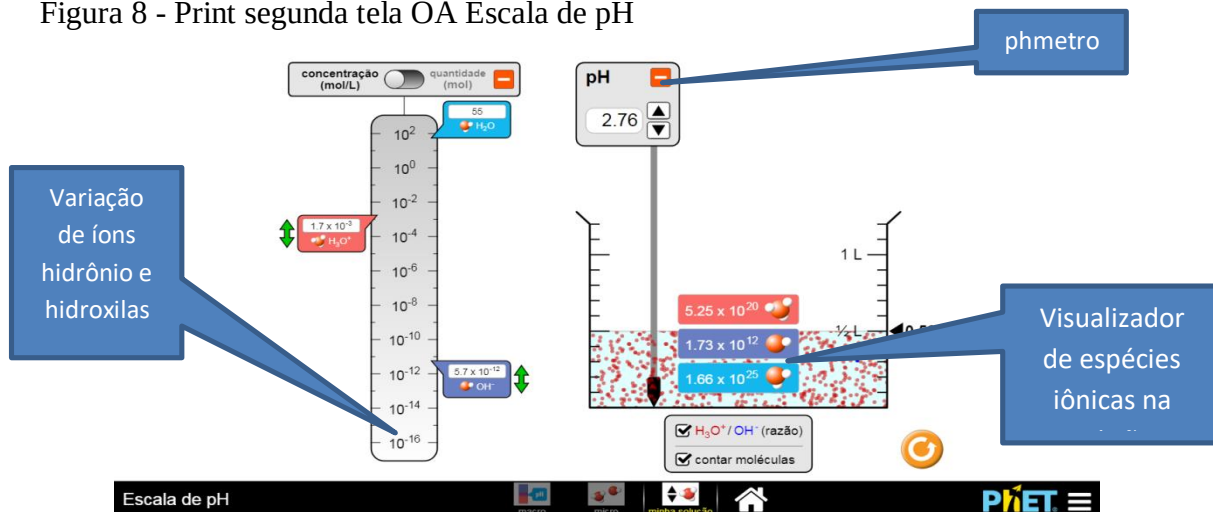
Figura 7 - Print OA Escala de pH



Fonte: PHET (2018).

O mesmo OA também apresenta uma outra tela com a opção “minha solução” onde o usuário pode regular a concentração ou quantidade de íons hidrônio e hidroxilas e verificar a variação de pH perante a quantidade destas espécies presentes na solução (Figura 8).

Figura 8 - Print segunda tela OA Escala de pH



Fonte: PHET (2018).

Mas podemos levantar um questionamento sobre eles: O uso de tais recursos durante o processo de ensino irá garantir uma aprendizagem significativa ou uma aprendizagem mecânica, memorativa e não eficaz? É sempre importante considerar que existe uma dialética entre o ensino e a aprendizagem, que a eficácia de um bom processo de ensino se dará com uma excelente aprendizagem. Para tanto, se considera a

Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel como um referencial para analisar a significância de recursos midiáticos no processo de ensino de Química. A seguir será discutido os referencias que embasam a teoria de Ausubel.

2.4. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

David Ausubel é originário de Nova York, nascido no dia 25 de outubro de 1918. Formado em Medicina e Psicologia pela Universidade da Pensilvânia, Filadélfia, obteve o título de doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Colúmbia, Nova York. Segundo Fernandes (2011), sua teoria foi apresentada em 1963, durante o predomínio das ideias behavioristas, onde a aprendizagem se daria por meio de estímulos e respostas.

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), também conhecida por Teoria da Assimilação de David Ausubel, trata-se de uma teoria cognitivista que procura basicamente elucidar como se realiza a internalização dos conhecimentos no sistema cognitivo do sujeito que passa pelo processo de aprendizagem (AUSUBEL, 1963).

Para Moreira e Masini (1982), sua teoria é cognitivista e se contrapõe à teoria Behaviorista, pois desconsidera que apenas o comportamento seja objeto de estudo no processo de aprendizagem. Para Ausubel, deve-se haver um foco na compreensão dos mecanismos internos da mente, dos processos cognitivos que já são existentes onde são processadas a organização e a integração de novas informações recebidas.

Considerando assim, Valadares (2011) considera que a TAS é uma teoria construtivista, pois o conhecimento não é adquirido de forma passiva, ele é construído ativamente pelo aprendiz que a possui por meio de associações de novas informações com informações preexistentes.

Moreira (2014) define o conceito da TAS como:

(...) o processo pelo qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2014, p. 161).

Ou seja, a aprendizagem para ser considerada significativa tem que haver uma interação de modo substantivo e não arbitrária entre ideias novas com conceitos que o aprendiz já tenha conhecimento. Entende-se como substantivo como uma maneira não

literal, que não seja ao pé da letra. E entende-se como não arbitrária quando ocorre uma interação com um conhecimento relevante que já existe na estrutura cognitiva, não tratando assim de qualquer ideia prévia.

O armazenamento de conceitos na estrutura cognitiva se dá de forma hierárquica, na qual informações mais específicas de conhecimento são ligadas a conceitos mais gerais. A estrutura cognitiva compreende uma totalidade de conhecimentos, conceitos e/ou informações com grau de relevância que são internalizados pelo aprendiz de modo a interligar (assimilar) com estruturas já anteriormente consolidadas, que Ausubel definiu como subsunçores (MOREIRA, 2014).

Os subsunçores são o cerne da TAS, a palavra “subsunçor” se origina da palavra inglesa *subsumer*, que significa inseridor, facilitador, subordinador. Moreira (2012) define subsunçor como “(...) um conhecimento específico existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto”. Ausubel, em suas palavras, diz que:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, folha de rosto).

Para Moreira (1997, p. 20):

O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação e fixação de novos conhecimentos, quando estes se “ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1997, p. 20).

Portanto, o subsunçor trata-se deste conhecimento prévio que o indivíduo já conhece. Um conceito, uma ideia ou uma preposição que já existe na estrutura cognitiva do aprendiz e que servirá de ancoradouro para interações com novas informações. Quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes pré-existent, interagindo com eles, a aprendizagem é dita significativa.

Nesse processo de ancoragem da nova informação implica em uma modificação e crescimento dos conceitos subsunçores já existentes. Quando o subsunçor serve de ideia-âncora para um novo conceito, ele próprio evolui adquirindo novos significados mais complexos (MOREIRA, 2011).

Considerando assim, a estrutura cognitiva vai se desenvolvendo de forma organizada com o passar do tempo, à medida que novos conhecimentos são adquiridos e

estes passam por interações com conhecimentos antigos, atingindo constantemente um patamar mais alto, mais evoluído ocorridas ao longo da vida, com novas possibilidades de ampliação de novos conceitos (FREZZA; MARQUES, 2009).

Ausubel distingue o processo de aprendizagem em dois tipos: aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa. Na aprendizagem mecânica, a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não existindo interação entre essa nova informação com os subsunçores. Existem assim, limitações que não promovem inter-relações entre o novo conhecimento e os conhecimentos substanciados na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1968).

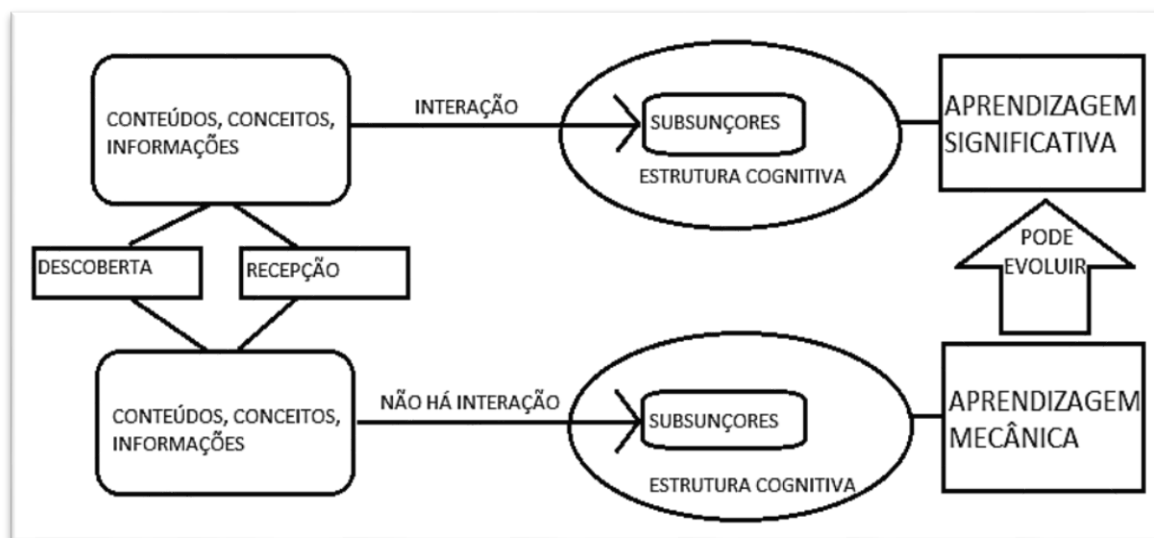
A não existência de subsunçores que servirão como ancoradouros para as novas informações não impede que a aprendizagem mecânica possa evoluir para uma aprendizagem significativa. Ausubel apresenta o exemplo das crianças pequenas que não possuem os subsunçores formados na estrutura cognitiva, mas que por um processo de descoberta, pela aquisição espontânea de ideias genéricas por experiência empírica-concreta, acaba por formular conceitos que antes não tinha nenhuma informação prévia.

Moreira (2009, p. 12) respondendo sobre a interrogação de onde vêm os subsunçores, concluiu que:

(...) a aquisição de significados para signos ou símbolos de conceitos ocorre de maneira gradual e idiossincrática, em cada indivíduo. Em crianças pequenas, conceitos são adquiridos, principalmente, através do processo de formação de conceitos, o qual é um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo geração e testagem de hipóteses bem como generalizações, a partir de instâncias específicas. Ao atingir a idade escolar, a maioria das crianças já possui um conjunto adequado de conceitos que permite a ocorrência da aprendizagem significativa por recepção.

À medida que novas informações mais elaboradas de um determinado conhecimento são adquiridas por recepção, vão surgindo subsunçores mais elaborados e com capacidade de ancorar novas informações (AUSUBEL, 1968). Esse processo de aquisição desses dois tipos de aprendizagem, esta disposto na Figura 9, na próxima página.

Figura 9 - Diagrama indicando a relação entre aprendizagem mecânica e significativa



Fonte: Autor (2019).

O processo de apresentação de novos conteúdos, conceitos e informações, podem ocorrer de dois tipos, como apresentado na Figura 9: por *descoberta* e por *recepção*.

O processo de apresentação com o novo conceito por *descoberta* pode ocorrer nos primeiros anos de vida, quando por um processo empírico são formados os primeiros conceitos na estrutura cognitiva. Esse processo pode ocorrer também em situações experimentais onde a pessoa ainda não tenha tido contato com nenhum tipo de informação prévia, mas que favorece a intuição e levantamento de hipóteses que servirão para criar os primeiros subsunçores daquele conhecimento em específico (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Entretanto, a apresentação do novo conceito for pelo processo de *recepção*, quer dizer, que foi apresentado ao sujeito o conceito na sua forma final, como o que ocorre dentro das escolas, onde os professores apresentam gradativamente novos conceitos em sala de aula que vão evoluindo hierarquicamente (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Moreira (2009, p. 9) em sua fala conclui que:

(...) aprendizagem por descoberta não é, necessariamente, significativa nem aprendizagem por recepção é, obrigatoriamente, mecânica. Tanto uma como outra pode ser significativa ou mecânica, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva.

O Quadro 3 resume as principais características citadas anteriormente do processo de aquisição por aprendizagem, seja esta aquisição por *descoberta* e por *recepção*:

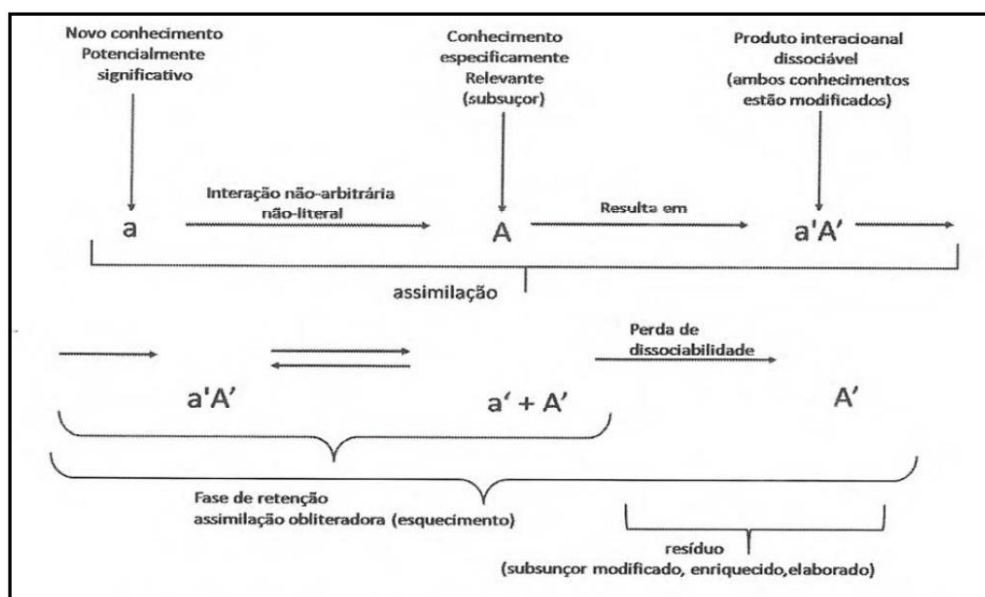
Quadro 3 - Características da aprendizagem por descoberta e por recepção

Aprendizagem por descoberta	Aprendizagem por recepção
É descoberto pelo aprendiz	É apresentado ao aprendiz
Mais complexa do ponto de vista dos processos psicológicos	Menos complexa
Ocorre principalmente em idade pré-escolar	Quando já adquire um nível de maturidade cognitiva
É adequado na aprendizagem de procedimentos científicos experimentais	É adequado na aprendizagem de conceitos mais complexos

Fonte: Autor (2019)

Segundo Ausubel (1986), a aprendizagem significativa se dá por um processo que foi definido por subsunção, que ocorre em dois estágios de interação: *Princípio de Assimilação* e *Princípio da Assimilação Obliterada*. A Figura 10 mostra, esquematicamente, como Ausubel imaginou que se dê a interação entre conhecimento prévio e novo (MOREIRA, 2011).

Figura 10 - Interação entre o conhecimento prévio e o novo



Fonte: Moreira (2011, p. 158).

No estágio do *Princípio de Assimilação* a nova informação, potencialmente significativa (a) é assimilada de forma não-arbitrária e não-literal com os conceitos subsunçores (A) presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa interação entre o novo conceito e o subsunçor resulta um conceito subsunçor modificado (a'A'). Este produto é temporariamente dissociável tanto nas ideias do subsunçor modificado (A') quanto do novo conceito modificado (a'), favorecendo o armazenamento da informação modificada pelo subsunçor (a') (MOREIRA; MASINI, 1982).

No estágio do *Princípio da Assimilação Obliterada* ocorre a modificação do subsunçor que se torna mais enriquecido e elaborado (A') e a nova informação modificada (a') é esquecida. Permanece então apenas o subsunçor modificado (A'), resíduo final do processo de aquisição do novo conhecimento (MOREIRA; MASINI, 1982).

Existem três tipos de aprendizagens significativas: representacional, conceitual e proposicional (MOREIRA; MASINI, 1982), que são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Tipos de Aprendizagem Significativa

Tipo de Aprendizagem Significativa	Definição
Representacional	É o tipo mais básico de aprendizagem, mas que dependem os demais tipos. Remete à associação simbólica e nível primário, envolvendo a atribuição de significados a determinados símbolos, tipicamente palavras. Isto é, trata da identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos).
Conceitual	É um tipo de aprendizagem representacional, pois conceitos são, também, representados por símbolos particulares, porém, são genéricos ou categóricos já que representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, isto é, representam regularidades em eventos ou objetos.
Proposicional	Diferentemente da aprendizagem representacional, na aprendizagem proposicional a tarefa não é aprender o que palavras isoladas ou combinadas representam, e sim envolve aprender o significado de ideias expressas verbalmente por meio de conceitos, ou seja, as palavras combinadas em uma sentença para constituir uma proposição representam conceitos. Neste caso, não se pretende aprender conceitos (embora sejam necessários), mas, sim, o significado das ideias expressas verbalmente, por meio desses conceitos, sob formade

	proposição. O foco é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.
--	--

Fonte: Adaptado de Moreira (2009, p. 15, 16)

Coll (2002) entende que para ocorrer aprendizagem significativa é fundamental relacionar a construção de significados para o processo de ensino e aprendizagem. Independentemente do tipo de Aprendizagem Significativa (AS) que ocorra, ela só sobrevirá se o material a ser aprendido for potencialmente significativo e se houver pré-disposição do aprendiz para aprender.

Pelizzari *et al.*, (2002) reforçam que as duas condições para haver a AS:

(...) em primeiro lugar, o estudante precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Segundo: se considera as tentativas do desenvolvimento do conteúdo com caráter potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Portanto, o estudante faz uma distinção dos conteúdos que possa traduzir significados ou não para si mesmo. (PELIZZARI *et al.*, 2002, p. 38)

Desta forma, os professores que trabalhem a partir do viés da TAS devem estar aptos a planejar suas atividades de forma a usar materiais potencialmente significativos e a reconhecer o possível envolvimento dos alunos com o material.

Considerando isto, como o uso de materiais potencialmente significativos pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de um conteúdo específico de Química, a fim de favorecer uma aprendizagem significativa destes conceitos, mais especificamente dos conceitos de Ácidos-Bases? A seguir serão apresentados como este conteúdo deve ser abordado no Ensino Médio, bem como as diversas teorias históricas definidoras do que são espécies ácidas e bases.

2.5. Estudos de Ácidos-Bases: importância no estudo escolar

O tópico de estudos de ácidos, bases e pH no ensino de Química no ensino médio é particularmente desafiador, pois o aluno deve possuir uma profunda compreensão a cerca de átomos, moléculas, íons e reações.

Além disso, existem diversas teorias que definem os conceitos de ácidos e bases que estão organizadas hierarquicamente, diferenciadas em subconceitos. Para tanto, faz-se necessária uma compreensão profunda de como estes conceitos estão entrelaçados

para que haja uma compreensão propositiva e que seja suficiente para que os alunos possam compreender cientificamente todos os conceitos destas espécies químicas.

Nakhleh e Krajcik (1994) propõem que no tópico de Ácidos-Bases existam quatro sistemas representacionais interconectados, que são apresentados no Quadro 5:

Quadro 5 - Sistemas representacionais para organizar o conhecimento químico

Sistemas	Características
Sistema macroscópico	Propriedades gerais da matéria, como características organolépticas, pH.
Sistema microscópico	Matéria composta por átomos, moléculas e íons.
Sistema simbólico	Representação da matéria e das reações por equações, diagramas e desenhos de estruturas moleculares.
Sistema algébrico	Fórmulas e gráficos que apresentam as relações da matéria.

Fonte: Adaptado de Nakhleh; Krajcik (1994).

Nestes sistemas de entendimento dos conceitos, os estudantes devem alternar constantemente sistemas de representação, empregando cada um em momentos apropriados envolvendo os raciocínios a cerca dos conceitos de Ácidos-Bases (NAKHLEH; KRAJCIK, 1994).

A seguir são apresentados exemplos destas características que alimentam tais sistemas representacionais do conhecimento dos conceitos de Ácidos-Bases:

- Sistema Macroscópico:

1. Ácidos possuem gosto azedo, como o limão. Bases às vezes possuem gosto amargo, como o sabão;
2. Ácidos possuem um $\text{pH} < 7$. Bases possuem $\text{pH} > 7$;
3. Ácidos são encontrados em diversos alimentos, como frutas cítricas. Bases são frequentemente encontradas em produtos de limpeza domésticos, como detergentes, sabões;
4. Ácidos reagem com bases através de uma reação de neutralização formando sal e água. Uma neutralização completa resulta em um $\text{pH} = 7$.

- Sistema Microscópico:

1. Ácidos doam íons de Hidrogênio (H), também chamados de prótons, a moléculas de água (H_2O) formando íons hidrônio (H_3O^+);
2. Bases são receptoras de íons Hidrogênio. Uma base típica é a Hidroxila, também conhecida por Oxidrila (OH^-);
3. Ácidos fortes em uma solução aquosa se dissociam liberando todos os seus prótons. Bases fortes em uma solução aquosa liberam todas as suas hidroxilas;
4. Ácidos e bases fracos liberam relativamente poucos íons hidrogênio ou hidroxilas em solução aquosa;
5. A neutralização ocorre porque os íons H^+ do ácido combinam com os íons OH^- da base para formar H_2O . O íon negativo do ácido e o íon positivo da base permanecem em solução e, na retirada da água, estes íons positivos e negativos formam um sal.

- Sistema Simbólico:

1. As fórmulas transmitem informações sobre o número e os tipos de átomos que compõem um composto;
2. As fórmulas podem representar uma molécula de um composto ou um mol de um composto;
3. As fórmulas ácidas contêm um átomo de hidrogênio que pode ser liberado como um próton (íon H^+). Exemplos: HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 . Os ácidos polipróticos contêm mais de um hidrogênio liberável;
4. Fórmulas básicas geralmente contêm um grupo aceptor de prótons, geralmente OH , que pode ser liberado em água. Exemplos: NaOH , NH_3 ;
5. Um gráfico de pH, que é uma curva em forma de S, transmite informações sobre as mudanças de pH que ocorrem quando uma base e ácido neutralizam um ao outro.

- Sistema Algébrico:

1. Cálculos de concentração usando unidades de molaridade;
2. Cálculos de força usando expressões de equilíbrio;
3. Cálculos relacionando pH e concentração de íons H^+ .

Percebe-se toda uma organização dos conhecimentos conceituais deste tópico de ensino, para tanta é importante que o aluno tenha essas visões sistemáticas durante a seu desenvolvimento cognitivo. Essas conexões entre conceitos, de forma organizada, são

fundamentais, como visto anteriormente, para um alcance de uma Aprendizagem Significativa.

Apresentaremos a seguir um histórico das teorias Ácido-Bases mais conhecidas e estudadas no Ensino de Química.

2.5.1. Histórico das teorias Ácido-Base

Já é conhecido há muito tempo os comportamentos das espécies químicas ácidas e básicas (alcalinas). Os termos *Ácido* e *Sal* datam da Antiguidade, *Álcali*, da Idade Média e *Base* do século XVIII. Os estudos com indicadores deram início por Boyle no século XVII, utilizando corantes naturais, por exemplo, o pau-brasil. O uso dos indicadores em titulações data do século XVIII (FIGUEIRA, 2010). As teorias Ácido-Base que procuram explicar o comportamento destas espécies químicas são bastante antigas. Durante o decorrer do desenvolvimento científico na história tem-se uma variedade de definições dos conceitos de Ácidos e Bases. Cronologicamente serão abordadas as principais definições de tais espécies químicas (OVERSBY, 2000):

1 – Modelos Antigos

Os alquimistas definiam substâncias por ácidos e bases por características organolépticas, como sabor. Robert Boyle explicava ácidos de acordo com a capacidade da substância de dar cor vermelha a planta *Heliotropium tricoccum*, chamada em inglês de *litmus* e em francês de *tourne-sol*. Já as bases, que recebiam a definição de *Alcalis*, tinham a capacidade de dar cor azul para a mesma planta. Na época, século XVII, era também conhecido como característica de um ácido a de reagir com não-metais preciosos e carbonatos. O oposto dos ácidos eram os *Alcalis*, que já eram conhecidos seus usos na produção de sabão e sua capacidade de neutralizar os ácidos. Estes modelos antigos apenas descrevem um conjunto de atributos destas espécies, mas tudo apenas descritivo. Tentativas foram feitas para explicar as propriedades dos ácidos e bases em termos de algo mais fundamental do que meras descrições das propriedades como o gosto azedo dos ácidos (OVERSBY, 2000; FIGUEIRA, 2010).

2 – Modelo de Lavoisier

Em 1789, Lavoisier afirmou que todo ácido possui oxigênio. Essa teoria buscava explicar a característica da acidez, de corrosão e Lavoisier fez uma analogia com a combustão, da qual se faz necessária a presença de oxigênio. Entretanto, esse modelo não justificava o porquê de algumas substâncias terem oxigênio e não possuírem um comportamento ácido e com o tempo foram sendo identificadas substâncias com características ácidas e que não possuíam oxigênio em sua fórmula, tais como: ácido cianídrico (HCN), ácido sulfídrico (H₂S), ácido clorídrico (HCl).

3 – Modelo de Arrhenius

O sueco Svante Arrhenius, como parte da sua teoria de dissociação eletrolítica, apresentou sua teoria sobre ácidos e bases, com a qual foi ganhador do Prêmio Nobel em 1903. Arrhenius relacionou as propriedades ácidas com a presença do íon hidrogênio (H⁺). Segundo a teoria, ácidos são todas as espécies químicas que em meio aquoso liberam íons H⁺ que se combinam com moléculas de água formando o íon hidrônio (H₃O⁺) e bases são as que em meio aquoso liberam íons hidroxilas (OH⁻).

Quanto maior a concentração de íons H⁺ mais ácida seria a solução, ou seja, o Ácido seria forte. Quanto menor a concentração, mais fraco seria o Ácido. Já as Bases estariam relacionadas à concentração maior ou menor dos íons OH⁻, quanto mais OH⁻ mais forte é a Base, quanto menos OH⁻ mais fraca é a Base.

Esta teoria também trata das reações de neutralização de Ácidos com Bases. Arrhenius (1903) escreveu como exemplo de neutralização a seguinte reação entre o Ácido clorídrico (HCl) e a base Hidróxido de sódio (NaOH):



A equação pode ser simplificada da seguinte forma:



Esta teoria é considerada uma das mais importantes, pois consegue justificar o comportamento de uma grande gama de substâncias, além de ter estimulado o desenvolvimento de diversas outras pesquisas na área.

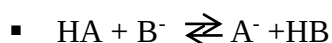
A teoria apresenta como limitação o fato de sempre considerar o meio aquoso para categorizar o que seria Ácido e o que seria Base, sendo que em alguns casos existem soluções com outros solventes que não são necessariamente a água.

Essa teoria é a principal base para os estudos destes conceitos no Ensino Médio. Em geral os livros didáticos de Química, apresenta esta teoria no primeiro ano nos estudos de funções inorgânicas.

4 – Modelo de Bronsted-Lowry

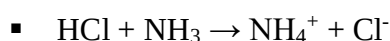
Este modelo foi proposto em 1923 por J. Bronsted (Dinamarca) e também, independentemente por Lowry (EUA). Sendo que Bronsted foi o que mais contribuiu para a elaboração deste modelo. Segundo o mesmo, Ácidos são espécies químicas que liberam/doam prótons (H^+), enquanto que Bases são espécies químicas que recebem prótons. A reação de neutralização entre Ácidos e Bases seria uma transferência de prótons do Ácido para a Base.

Como pode ser descrito na equação iônica:



Um Ácido e uma Base nestas condições formam o denominado par conjugado ácido-base. Quando o Ácido (HA) doa um próton, resta a base conjugada A^- . Quando a Base (B^-) recepta um próton, o ácido conjugado HB é formado.

Bronsted e Lowry criaram seu modelo para explicar as neutralizações como a reação entre cloreto de hidrogênio gasoso e amônia, que produz cloreto de amônio como reação produto. Nesse sentido, é uma tentativa de buscar uma compreensão fundamental ou explicação de como os ácidos funcionam criando um modelo que é independente do solvente.

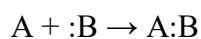


Pode-se perceber que os ácidos de Bronsted-Lowry são semelhantes aos ácidos de Arrhenius, diferentes das bases que essa semelhança não se aplica. Como por exemplo, a amônia (NH_3) demonstrada na equação de neutralização acima, onde se pode constatar que a amônia é um receptor de prótons, ou seja, uma base de Bronsted-Lowry.

5 - Modelo de Lewis

Em 1923 (juntamente com a teoria de Bronsted-Lowry), G. N. Lewis, partindo da sua teoria do par eletrônico para explicar as ligações químicas, propôs sua teoria Ácido-Base. Lewis definiu que o Ácido é toda espécie química capaz de receber um par eletrônico e a Base é toda espécie química capaz de doar um par eletrônico. Neste modelo, a atenção é voltada para a Base e tenta explicar sua teoria baseada nas ligações quebradas e formadas durante uma reação química.

De maneira geral tal reação de neutralização pode ser representada da seguinte forma:



Essa teoria é principalmente utilizada no estudo das reações orgânicas, como as reações que envolvem aminas, ficando restrita aos estudos de mecanismos, e também utilizada na química de coordenação.

Para Lewis uma reação de neutralização entre Ácido-Base é rápida e pode ser titulada por meio de indicadores.

Pode se perceber que o ensino destes conceitos no Ensino Médio não se restringe a uma única teoria. Filgueira (2010), analisando o ensino destas teorias, afirma que o conceito definidor de Arrhenius deve ser considerado imprescindível no tocante ao assunto de caracterização destas espécies químicas, como cita o autor:

Podemos afirmar claramente que o ensino das teorias de Lewis e Brønsted-Lowry geram grande confusão quando ensinadas precocemente, portanto, deveriam ficar restritas ao ensino superior. Dessa forma, a teoria de Arrhenius, que é considerada mais simples, deveria possibilitar que os estudantes aprendessem de forma concreta que ácidos fazem alguns indicadores mudar de cor para um padrão definido e que as bases fazem os mesmos indicadores mudar para outra cor. Isto é, tentar ligar a teoria de Arrhenius com o comportamento ácido e base (FIGUEIRA, 2010, p. 73).

Considerando isto e que esta pesquisa irá ser aplicada em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, na qual é apresentado como única teoria Ácido-Base o conceito definido por Arrhenius, esta foi considerada como principal modelo definidor dos conceitos Ácido-Base.

Após apresentação dos principais referenciais teóricos, considerados na elaboração das tarefas de ensino propostas, dos aspectos históricos e teóricos a respeito do ensino de Química, do uso de OA em ambientes de ensino e aprendizagem, no próximo capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram utilizados no desenvolvimento da presente dissertação.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos e métodos que orientaram a pesquisa. Primeiramente será exposta a abordagem investigativa de estudo de caso de cunho qualitativo, em seguida serão apresentadas as descrições do local e dos participantes que irão fazer parte da pesquisa e da coleta de dados que foi utilizada. Na sequência, a metodologia de ensino que se baseou na aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS.

3.1. Natureza da pesquisa

A presente pesquisa se caracteriza por um estudo de caso de cunho qualitativo com o objetivo de verificar a hipótese de que o uso dos OA influencia no ensino e aprendizagem dos alunos do ensino médio, melhorando a compreensão do conteúdo de Ácidos-Bases, favorecendo um processo de AS em sala de aula.

Yin (2001) destaca que a abordagem do estudo de caso é interessante quando se pretende compreender, descrever ou explorar acontecimentos em determinados contextos. O autor ainda acrescenta que tal abordagem procura respostas para perguntas do tipo “Como?” ou “Por quê?” dando foco a acontecimentos contemporâneos.

Ainda segundo o autor, uma pesquisa que venha a adotar esse tipo de abordagem investigativa:

(...) lida com a situação tecnicamente distinta em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e como um resultado; realiza-se em múltiplas fontes de evidência, com dados que necessitam convergir de uma forma triangular, e como outro resultado e se beneficia do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para orientar a coleta e análise de dados. (YIN, 1984, p. 13).

Sendo assim, percebe-se que o estudo de caso como estratégia metodológica de pesquisa compreende um método bastante abrangente, desde a lógica de planejamento até às abordagens de coletas e análise de dados da pesquisa em questão. Sá e Queiroz (2010) consideram que o estudo de caso oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem e investigar questões científicas e sócio científicas presentes em reais situações ou simuladas de complexidade variável.

Este trabalho é qualitativo, pois interessa-se mais pelo processo do que pelos resultados. Os resultados são construídos à medida que os dados são recolhidos e agrupados, buscando conhecer a significação alcançada pelos aprendizes. Tais dados serão recolhidos na forma de palavras, imagens e não números. Opta-se por este tipo de pesquisa, pois ela permite trabalhar com significados, motivos, valores, que correspondem a um espaço mais profundo das relações, processos e fenômenos (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Lüdke e André (1986) citam sete características ao se referirem ao estudo de caso na pesquisa qualitativa, indicando que:

- i) possibilitam a descoberta, pois durante seu desenvolvimento podem surgir novos elementos e características importantes, além do considerado nos pressupostos teóricos iniciais;

- ii) valorizam a interpretação considerando o contexto no qual a pesquisa está inserida, considerando tanto recursos materiais como humanos, entre outros;
- iii) possibilitam descrever realidade de forma completa e profunda;
- iv) propiciam o uso de fontes variadas de informação;
- v) possibilitam generalizações naturalistas;
- vi) objetivam investigar diferentes perspectivas existentes em uma situação social;
- vii) propiciam o uso de modos mais acessíveis de linguagem do que outros métodos de investigação.

Inicialmente, serão categorizados o local e o público-alvo participante da pesquisa; em seguida, apresentam-se como foram organizadas as estratégias de coleta de dados que foram implantados no decorrer da pesquisa; por seguida, exporemos os procedimentos que foram utilizados para a análise dos dados gerados a partir da estratégia metodológica de ensino utilizada.

3.2. Os caminhos da pesquisa

A primeira etapa se constituiu de um estudo teórico, que foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica sobre trabalhos acadêmicos, buscando identificar propostas metodológicas existentes para o ensino de Ácidos-Bases, que envolvessem o conceito de AS e que explorassem recursos de OA.

Na segunda etapa, considerando os fundamentos da AS e das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), foi elaborada uma sequência didática para o ensino de Ácidos-Bases, de modo a propiciar aprendizagens significativas dos conteúdos tratados, para serem utilizadas no decorrer do ano letivo, no ensino da disciplina de Química no Ensino Médio.

Durante o decorrer da aplicação da UEPS, visou-se investigar a influência de um OA, disponibilizados na plataforma PhET, no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de Ácidos-Bases. Durante este processo foram aplicadas tarefas potencialmente significativas que visavam a uma organização programática do conteúdo orientada pelos princípios da teoria da AS, que são a diferenciação progressiva (partindo de ideias mais gerais para as mais inclusivas, favorecendo a diferenciação de detalhes e especificidades), a reconciliação integrativa (propondo tarefas para explorar relações

entre conceitos, tendo em vista ressaltar diferenças e similaridades entre eles), a organização sequencial (visando resgatar ideias âncoras relevantes já existentes, na qual se fez uso de organizadores prévios – expositivos ou comparativos, para possibilitar a interação cognitiva com conhecimentos prévios e mapas conceituais) e a consolidação (visando averiguar sobre o sucesso na aprendizagem, antes que novas tarefas fossem realizadas).

Na terceira etapa, fez-se o planejamento e a execução da constituição de dados que foi realizada por meio de: (i) questionários aplicados no início e no final da pesquisa; (ii) mapas conceituais que foram elaborados pelos participantes da pesquisa também no início e no final da mesma; e, (iii) tarefas aplicadas no decorrer da utilização dos OA.

Finalmente, na quarta etapa da pesquisa, foram realizadas as análises qualitativa dos dados coletados, tendo em vista identificar percepções sobre possíveis influências do uso de OA no processo de ensino e aprendizagem de Ácidos-Bases, na proposta fundamentada pelas teorias da AS.

3.3. Descrição do local e participantes da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida na Escola Estadual de Ensino Profissionalizante Onélio Porto, pertencente à rede pública de ensino de Estado do Ceará, localizada no bairro José Walter na cidade de Fortaleza - CE, que utiliza uma metodologia de ensino de tempo integral, médio e profissionalizante. Esta escola é composta por quatro cursos técnicos que são ministrados juntos com as disciplinas regulares.

A escolha pela escola se deu basicamente pelo fato de que o pesquisador está lotado como professor efetivo de Química nessa unidade de ensino desde 2014. Além disso, a escola é equipada com um Laboratório Educacional de Informática (LEI), mas que é pouco utilizado para atividades nas disciplinas de Ciências da Natureza. E por fim, o interesse dos estudantes por atividades alternativas que se diferem à didática tradicional de ensino.

Para realização do estudo, inicialmente foi realizado um encontro com a direção da escola referente pesquisa para autorização de sua aplicação por meio da assinatura do documento *Termo de Anuência* (APÊNDICE A).

3.4. Coleta de Dados

A aplicação da pesquisa teve como metodologia de ensino as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que se trata de uma sequência didática que visa uma Aprendizagem Significativa e que será discutida posteriormente no tópico “metodologia de ensino”. Para coleta de dados, foram planejadas e aplicadas aulas sobre o estudo de Ácidos-Bases em uma turma do 1º Ano do Ensino Médio da escola pesquisada.

Por tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos, no primeiro encontro com os alunos da turma, foram entregues o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento* (APÊNDICE B) que foram entregues aos responsáveis, solicitando a autorização destes da participação dos estudantes durante a pesquisa.

Como instrumento para coleta de dados, foi adotado o uso de Questionários e Mapas Conceituais (MC) como principais fontes de coleta, além de entrevistas como parte complementar. Para preservar as identidades dos alunos participantes da pesquisa, estes foram identificados pela letra inicial de seus nomes, seguidas de números em caso de letras coincidentes, desta forma os sujeitos da pesquisa encontram-se aqui denominados, por exemplo: D, E1, E2, I, K, L1, L2, M, R, e W.

Para tanto foi primeiramente ministrada uma oficina de produção de MC, pois serviram como instrumentos de coleta de dados. Essa oficina ocorreu inicialmente antes da aplicação da metodologia de ensino UEPS.

Posteriormente, considerando as etapas da UEPS, os participantes da pesquisa passaram por um Questionário Inicial (QI) que tratou de analisar os conceitos prévios que eles possuem junto do tema abordado. Tal verificação é importante na TAS, pois tem-se que verificar a existência ou não de subsunçores que servirão de ancoradouros dos novos conceitos químicos. Foram aplicados questionários com perguntas abertas (APÊNDICE C) com o objetivo de conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre Ácidos-Bases.

Em seguida foi ministrada aula tradicional a fim de trazer à tona os conceitos que poderiam ainda estar inertes na estrutura cognitiva, para tanto foi feita uma aula de revisão geral, focando nos conceitos fundamentais definidores das espécies químicas Ácidos-Bases propostos por Arrhenius, além de apresentar as classificações, reações de neutralização, escala de pH.

Por seguinte, foram realizadas aulas utilizando os OA da plataforma PhET juntamente com levantamento das problemáticas e hipóteses que os estudantes elencaram. No final de todas as atividades foi aplicado um questionário aberto a fim de verificar a visão dos estudantes dos pontos positivos (potencialidades) e negativos (fragilidades) dos OA utilizados. Tais potencialidades e fragilidades foram consideradas junto com a avaliação do presente pesquisador no decorrer da aplicação da pesquisa, levando em consideração questões técnicas e habilidades dos estudantes no manuseio dos OA durante o processo de ensino.

Ao final, os participantes passaram por um Questionário Final (QF) e produção de Mapas Conceituais que avaliaram a evolução ou involução no processo de aprendizagem dos participantes decorrente da utilização dos OA.

3.5. Constituição de dados e método de análise

Devido às características da investigação proposta vir a ocorrer pelo desenvolvimento de diversas tarefas a fim de avaliar os processos de ensino pelo uso dos OA, a presente pesquisa visou pela observação participante e também pelo uso de questionários, constituídos por questões abertas, e mapas conceituais, tendo em vista investigar as percepções identificadas antes, durante e posteriormente ao desenvolvimento de sua aplicação.

Os dados foram constituídos em tarefas desenvolvidas no ambiente de sala de aula, bem como no laboratório escolar de informática. Assim, durante o período de ocorrência das aulas, foram coletadas as tarefas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa, tarefas estas que foram realizadas envolvendo o uso de computadores ou sem eles, realizadas individualmente ou em grupo de discussão.

Além disso, os estudantes participantes desenvolveram MC que foram avaliados a construção hierárquica do conhecimento químico dos conceitos dos Ácidos-Bases, antes e após a aplicação do uso dos OA.

Os dados obtidos pelos questionários foram avaliados por meio de procedimentos de Análise de Conteúdo, de acordo com os pressupostos de Bardin (2011).

Segundo Bardin (2011, p. 48), Análise de Conteúdo define-se como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

Tal análise consiste em um conjunto de técnicas de interpretação de comunicações baseadas em inferências, onde o pesquisador busca identificar o conteúdo apresentado.

Bardin (2011) indica que a análise se organiza em três fases: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise consiste na organização do material, desde a escolha dos documentos, formulação das hipóteses e dos objetivos e preparação do material. Selecionado o material a ser analisado, procede-se às leituras flutuantes de todo o material, com a intenção de apreender e organizar ainda de forma não-estruturada pontos importantes para as próximas fases de análise. São efetuadas leituras de todo o material coletado, conhece-se o contexto, as ideias globais, deixando fluir impressões e significados gerais.

Bardin (2011) aponta que a segunda fase, exploração do material, consiste no tratamento do material. Nesta fase são definidas as unidades de análise, que se referem à escolha de unidades de significação, que se tratam de fragmentos do texto, considerados como unidades base que serão verificadas a frequência nos textos analisados. Tal frequência se torna indicativo de importância de tais unidades, caso uma maior frequência. Ainda assim, a escolha por uma unidade temática deve considerar um conjunto de inter-relação entre os objetivos do estudo, as teorias explicativas adotadas pelo pesquisador e também as próprias teorias pessoais intuitivas do pesquisador.

A terceira fase da pesquisa de análise, Bardin (2011) denomina como tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Nesta fase, o pesquisador constrói quadros de resultados, modelos, figuras e diagramas que condensam e salientam as informações obtidas pela análise. Neste momento procede-se à interpretação dos dados acerca do tema abordado, obtendo-se as conclusões da análise do conteúdo realizada.

Os dados obtidos pelos Mapas Conceituais foram avaliados a partir do método de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984) que se baseia nas concepções da TAS a partir dos princípios norteadores da estrutura hierárquica, diferenciação

progressiva e reconciliação integradora (MOREIRA, 1999). Os critérios de pontuação estão explanados no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6 - Análise dos critérios de classificação de MC

Critério	Análise válida para pontuar	Pontuação
Proposições	Relação de significado entre dois conceitos é indicada pela linha que os une e pela (s) palavra (s) de ligação correspondente (s). Apresentam sentido semântico.	1 ponto para cada proposição.
Hierarquia	Hierarquia: conceitos subordinados são mais específicos e menos geral do que o conceito escrito por cima deles. São condizentes com o contexto químico proposto.	5 pontos para cada nível de hierarquia.
Ligações cruzadas (Cross Links)	Ligações significativas entre dois conceitos válidos e significativos.	10 pontos para cada relação cruzada significativa. 2 pontos para cada relação cruzada que seja válida, porém, que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. Pontos adicionais para ligações cruzadas criativas ou peculiares. A critério do avaliador os valores.
Exemplos	Correspondem com o contexto químico proposto	1 ponto para cada designação.

Fonte: Adaptado de Nokak e Gowin (1984).

Conforme o trabalho de Mendonça, Cordeiro e Kiill (2013), foi acrescentado mais um critério de classificação nesta pesquisa que diz respeito às palavras de ligação. Será verificado se elas existem sob ou nas linhas que unem os conceitos e se estão de acordo com sua definição. Caso atendam esses preceitos, serão dados dois pontos para cada palavra de ligação.

3.6. Metodologia de Ensino

3.6.1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS

A presente pesquisa fez uso de uma UEPS (MOREIRA, 2013) como metodologia de ensino. Trata-se de uma construção de uma sequência didática fundamentada na TAS. Tem como objetivo desenvolver unidades de ensino facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento. Em termos gerais, uma UEPS é desenvolvida conforme os seguintes passos apresentados no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 - Etapas de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

1 – Definição do tópico específico a ser abordado:
Definir tópico específico de conceitos criando e/ou propondo situações em forma de discussão, questionário, mapa-conceitual, que levem o aluno a externalizar os seus conhecimentos prévios aceitos ou não no contexto da matéria de ensino na qual se insere o conteúdo tópico que é supostamente relevante para a aprendizagem significativa.
2 – Propor situação-problema em nível introdutório:
Propor situações-problemas, em nível introdutório, que leve em conta o conhecimento prévio do aluno, a fim de preparar o terreno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar. Essas situações-problemas podem envolver desde já o tópico da aula, mas sem começar necessariamente a ensiná-lo. São as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso o aluno deve percebê-las como problemas e ser capaz de modelá-las mentalmente. Tais situações-

problemas podem funcionar como organizadores prévios, são as situações que significam novos conhecimentos.
3 – Apresentar conhecimento a ser ensinado:
Apresentar o conhecimento levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, dando uma visão do todo, do que é mais importante na unidade de ensino. Pode ser, por exemplo, uma exposição oral, seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos e discussão e apresentação em grande grupo, fazendo uso de uma simulação, textos, etc.
4 – Retomar os aspectos mais gerais em nível maior de complexidade:
Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação. Porém, em um nível mais alto de complexidade em relação à nova apresentação. As situações-problemas devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade com novos exemplos destacando semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados.
5 – Dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva, porém de uma perspectiva integradora:
Concluir a unidade dando continuidade ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão. Isto deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, em breve exposição oral, leitura de textos, uso de recurso computacional, audiovisual, entre outros.
6 – Avaliação:
A avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo de toda implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa.
7 – Finalização da UEPS:
A UEPS somente será considerada exitosa, se a avaliação do desempenho do aluno fornecer evidências de uma aprendizagem significativa.

Fonte: Adaptado de Moreira (2013).

Estes são os passos básicos para a elaboração de uma UEPS definidos por Marco Antônio Moreira a partir dos pressupostos da TAS e serve para qualquer tópico de conhecimento de qualquer área de ensino. Importante ressaltar que estas etapas não são fixas, podendo ser reelaboradas repetindo algumas etapas com maior nível de complexidade à medida que se desenvolve o conteúdo. O desenvolvimento da UEPS que foi aplicada nesta pesquisa contou com os seguintes momentos relatados a seguir:

3.6.1.1. UEPS utilizada na pesquisa

O primeiro momento iniciou com a parte de “definição de conceitos”, foi organizado em um período de duas aulas de 50 minutos cada. Nesta etapa foi apresentado o tópico Ácidos-Bases servindo como uma breve introdução a respeito do tema para que os participantes pudessem compreender que conceitos químicos serão abordados. Neste momento foi feita uma investigação de conhecimentos prévios onde os participantes tiveram que externalizar os conhecimentos que possuíam a cerca do tópico Ácidos-Bases. Tal levantamento serviu de subsídio para o processo de interação entre os novos conceitos e os antigos conceitos (subsunçores) dos alunos. Em seguida foi solicitado que respondessem ao Questionário Inicial (APÊNDICE C) e elaboração de um Mapa Conceitual do tema Ácidos-Bases.

No segundo momento: foi realizada uma introdução do conhecimento por meio da mediação das respostas dos próprios participantes no primeiro momento. Tais respostas serviram como “situação problema”, as quais foram levantadas problemáticas a cerca do tema Ácidos-Bases durante uma aula de 50 minutos logo após o primeiro momento. Tais situações problemas teve o objetivo de dar sentido aos novos conceitos funcionando como organizadores prévios, que dão sentido ao novo conhecimento.

No terceiro momento: foi ministrada uma aula expositiva com duração de duas aulas de 50 minutos, onde houve uma apresentação do conhecimento a ser ensinado e aprendido. Foi apresentada a teoria de Arrhenius para o conceito de Ácidos-Bases (sistema microscópico), as características como pH, condutividade, mudança de coloração na presença de papel indicador (sistema macroscópico), além de apresentar as fórmulas de alguns exemplos de ácidos e de bases (sistema simbólico) e suas classificações.

No quarto momento: os alunos foram encaminhados à sala de informática da escola. Nesta etapa os alunos foram apresentados ao OA *Soluções Ácido-Base* onde manusearam utilizando as ferramentas disponíveis no simulador. Após um momento para se habituarem à nova ferramenta, foi dada a atividade “Exercício de verificação de características Ácido-Base” (APÊNDICE D) para resolução. As respostas dos estudantes foram analisadas e algumas delas foram debatidas no quarto momento retomando aspectos através de situações-problemas a fim de revisar e identificar erros e corrigi-los em debate em sala.

No quarto momento: foram retomado aspectos através de situações-problemas em um nível maior de complexidade através de discussão baseado nas respostas obtidas do encontro anterior. Após isto os alunos foram encaminhados novamente para a sala de informática onde os estudantes responderam o exercício (APÊNDICE E) fazendo uso do OA.

O momento cinco: as respostas do quarto momento foram retomadas como situações-problemas para identificar erros e serem debatidos a fim de efetuar correções. Posteriormente, com o objetivo de contextualizar os conhecimentos científicos a cerca dos conceitos de ácido, base e escala de pH, os alunos foram encaminhados ao laboratório de ciências onde foi feita uma aula de identificação de substâncias fazendo uso de indicadores, como papel de tornassol, fenolftaleína, azul de bromotimol, alaranjado de metila, além de indicadores naturais como os obtidos a partir do suco do repolho roxo ou do estrato alcoólico de flores. Nesta aula também foi tratado mais a fundo sobre o cálculo do potencial hidrogeniônico (pH).

O momento seis os alunos participaram de duas aulas de 50 minutos no laboratório de informática. Nesta ocasião, os alunos foram apresentados aos OA *pH: básico da escala* e *Escala de pH*. No primeiro OA os alunos manipularam o simulador e ao mesmo tempo tiveram que responder algumas perguntas presentes no roteiro da aula (APÊNDICE F). Após concluírem, os alunos fizeram uso do OA *Escala de pH* no qual seguiram o roteiro e resolução de atividades (APÊNDICE G). Ao final do encontro algumas das respostas dos estudantes foram discutidas como situações-problemas a fim de identificar erros conceituais a respeito do conteúdo

No último momento, organizado em duas aulas de 50 minutos cada, foi realizada uma avaliação através de questionários e MC para verificar as evidências de uma AS. Para tanto, foi reaplicado o questionário da primeira etapa e solicitado um novo MC dos conceitos sobre Ácidos-Bases. Foi aqui também avaliada a estratégia do uso dos OA. A

saber, como o uso de um *software* pode ajudar no processo de aprendizagem na Química. Foi solicitado o olhar dos alunos participantes dos pontos positivos e negativos identificados nos OA utilizados, bem como do processo de utilização da ferramenta midiática como auxiliar no ensino de Química.

A avaliação da aprendizagem por meio da UEPS foi realizada ao longo de sua implementação, registrando as informações que foram consideradas como evidência da ocorrência de AS dos conteúdos trabalhados.

No processo de avaliação da UEPS serão utilizados os conceitos apresentados por Moreira (2011):

- Avaliação formativa por meio de registros do que pode ser considerada evidência de AS do conteúdo trabalhado, realizados ao longo do uso do OA nas aulas de Química;
- Avaliação somativa individual no último momento.

4. Análise dos Dados

Neste capítulo são apresentadas as características dos participantes da pesquisa, bem como os resultados das análises realizadas, relativas aos dados constituídos.

Inicialmente, apresentam-se os perfis da turma, ressaltando as principais características do grupo considerado.

4.1. Análise dos perfis da turma

A turma que participou da aplicação da pesquisa é uma turma de primeiro ano do Ensino Médio (EM), composta por 34 participantes. As idades dos participantes variaram entre 14 e 18 anos, sendo que a maioria tem 15 anos (61,76%). Dentre eles, 24 informaram ser do sexo feminino (70,58%) e 10 ser do sexo masculino (29,42%).

A maioria dos estudantes concluíram o Ensino Fundamental (EF) em uma instituição pública, num total de 29 (85,29%) e os demais, no caso 5 estudantes, em instituição particular (14,71%). Nenhum dos participantes relatou apresentar algum problema de aprendizagem.

Sobre já terem alguma experiência de uso com OA em algum outro ano escolar, 13 participantes informaram que já fizeram uso de *softwares* em algumas atividades

escolares, sendo que a maioria, 6 estudantes, fizeram uso no nono ano do EF nas disciplinas de matemática, geografia, informática, português e inglês.

A escolha pela turma se deu por indicação do professor de Química da instituição, pois o mesmo trabalha com a turma com outras metodologias de ensino, como direção de turma, o que dá um melhor acompanhamento junto com a mesma.

4.2. Análise do Questionário Inicial

Foi aplicado o Questionário Inicial (QI) no primeiro encontro com os participantes a fim de verificar a existência ou não de conhecimentos prévios (subsunçores) do conteúdo de Ácidos-Bases. O questionário foi composto por cinco questões. A primeira questão tratou de verificar se os participantes já tiveram contato em algum ano escolar com o conteúdo químico específico que trata a pesquisa.

A pergunta em questão foi a seguinte:

- 1) *Você já estudou em algum ano escolar a temática “Ácidos-Bases”? Se sim, em qual ano escolar?*

Esta questão é importante para considerar a real existência de subsunçores, o que são fundamentais para a aquisição de conhecimentos baseado na TAS (MOREIRA, 2014). A TAS destaca a importância do conhecimento prévio dos estudantes como fator isolado mais relevante na determinação do processo de ensino e aprendizagem, em que é a variável primordial para a teoria em que a nova interação, relação, modifica-o pela aquisição de novos significados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Diante disso, propicia uma colaboração para o reconhecimento do estudante como sujeito que aprende e das possibilidades de mudança por meio do aprendizado.

As outras questões visaram saber quais os conceitos que os participantes possuem a cerca das espécies químicas Ácidos-Bases e suas relações com o cotidiano dos participantes.

Com relação à Questão 1, sobre já terem tido contato em algum ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, 19 dos 34 participantes responderam que já haviam estudado anteriormente no Ensino Fundamental este conteúdo de Química. Já 15 responderam não terem tido aulas desse conteúdo previamente em outros anos

escolares. Tais resultados a respeito da Questão 1 são apresentados no Quadro 8 a seguir:

Quadro 8 Levantamento das respostas sobre contato anterior com o conteúdo

Questão 1	Análise		
	Respostas	Quantidade	Percentual
Contato anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental	Sim	19	55,88%
	Não	15	44,12%

Fonte: Autor (2019).

Dos 19 participantes que responderam que já haviam estudado em ano anterior escolar o conteúdo de Ácidos-Bases, 18 deles informaram que haviam visto o conteúdo no nono ano do Ensino Fundamental e 1 ficou na dúvida se havia visto o conteúdo no oitavo ou no nono ano.

Segundo Milaré, Marcondes e Rezende (2010), na maioria das vezes os conteúdos de Química não são abordados no EF, mas às vezes, se restringindo de maneira mais explícita na última série, ou seja, no nono ano. Sendo que, muitos dos conteúdos nem chegam a ser discutidos e, quando os são, é de forma descontextualizada de suas origens e de situações reais e de relevância para a sociedade. Outro agravante é a formação da maioria dos professores de Ciências no EF, que não possuem formação específica em Química. Sem formação em Química, não é surpreendente que o professor siga o livro didático, sendo que este apresenta diferentes tipos de atividades químicas que remetem a um ensino memorístico, dogmático e restrito. Como se pode constatar nas respostas da Questão 1 do QI, onde quase metade dos estudantes da turma não chegaram a ter contato com um conteúdo básico e contextualizado da Química.

Com relação às outras questões do QI serão apresentados a seguir subtópicos, sendo um composto pelas respostas dos estudantes que já tiveram contato anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases no EF, e um com as respostas dos que não tiveram aulas anteriores desse conteúdo, mas que se propuseram a responder.

4.2.1. Análise dos Questionários Iniciais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

No Quadro 9 a seguir são apresentados os resultados das respostas dos participantes no QI, onde foram solicitados a externalizar os conhecimentos para definição das espécies químicas Ácidos-Bases e discorrer acerca do uso delas no cotidiano dos estudantes.

Quadro 9 - Respostas Questionário Inicial, participantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar

Questão	Respostas	Análise das respostas				
		Quantidade	Tipo de resposta	Quantidade	Percentuais	
2. Conhecimentos acerca dos Ácidos	Sim	19	Adequada	12	63,15%	100%
			Inadequada	7	36,85%	
	Não	0	-			-
3. Conhecimentos acerca das Bases	Sim	16	Adequada	8	50%	84,21%
			Inadequada	8	50%	
	Não	3	-			15,79%
4. Relação Ácidos com o cotidiano	Sim	18	Adequada	2	11,11%	94,73%
			Parcial	13	72,22%	
			Inadequada	3	16,67%	
	Não	1	-			5,27%
5. Relação Bases com o cotidiano	Sim	15	Adequada	9	60%	78,94%
			Parcial	3	20%	
			Inadequada	3	20%	
	Não	4	-			21,06%

Fonte: Autor (2019).

4.2.1.1. Discussão dos resultados para a Questão 2

Na segunda questão do QI foi solicitado que os participantes dissertassem a cerca dos conhecimentos que eles possuem da espécie química Ácido. A pergunta em questão foi a seguinte:

2) O que você entende por Ácido?

Conforme indicado no Quadro 8, pela análise dos registros entregues pelos estudantes que já tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, foi possível observar que diante do questionamento a cerca da definição da espécie química Ácido, 100% responderam a questão, onde 63,15% apresentaram uma resposta adequada para a definição de um Ácido. Em geral, os estudantes apresentaram respostas que definiam os Ácidos a partir do conceito da escala de pH, referindo-se a espécie química em questão como qualquer substância que possui pH abaixo de 7, alguns ainda adicionaram características referentes à corrosão e ao caráter organoléptico de sabor azedo. Alguns, mas poucos, ainda utilizaram do conceito de neutralização com a Base. A seguir são apresentadas algumas respostas:

Sujeito A1: “Que é algo corrosivo onde na escala de pH está abaixo de 7 (quanto menor o pH é, mais ácida é a substância) e que se pode ser neutralizado com a base.”

Sujeito S1: “Substâncias com pH abaixo de 7.”

Sujeito G: “Substâncias que têm nível de pH abaixo de 7.”

Sujeito L2: “Ácidos são substâncias corrosivas, que me lembram algo azedo, pH baixo e que dissolve.”

Sujeito M3: “Ácidos podem ser corrosivos se muito fortes, tem pH abaixo de 7 e podem neutralizar bases.”

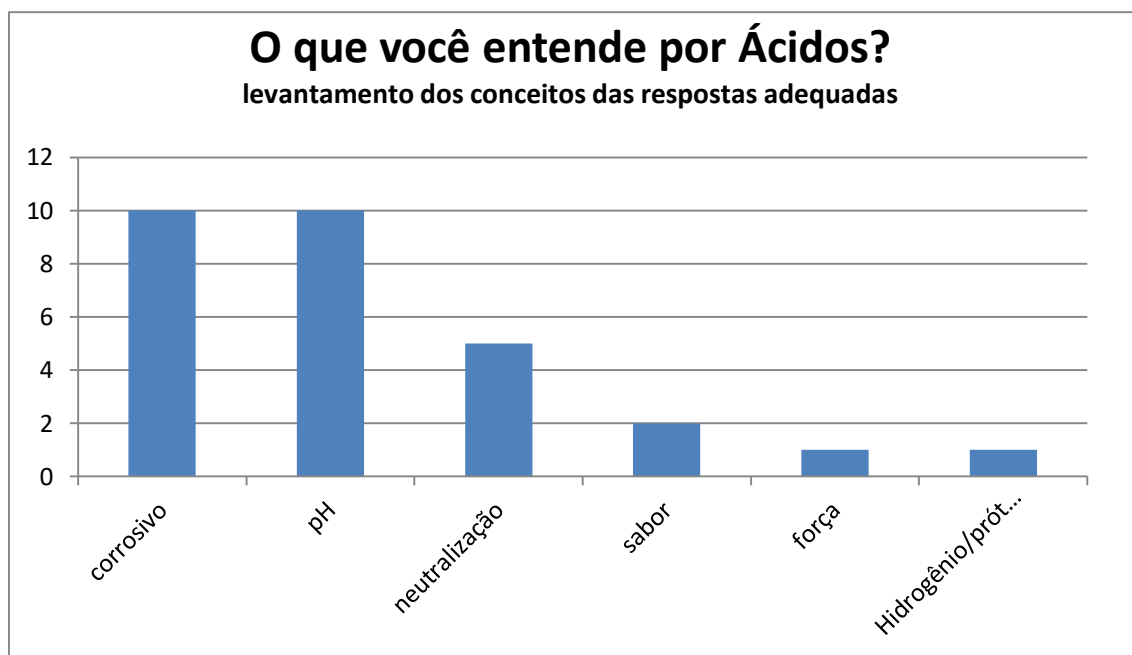
Percebe-se que os alunos não apresentaram nenhuma definição teórica para a definição de Ácido, nem mesmo a teoria de Arrhenius. O que demonstra que os estudantes deixam de relacionar os Ácidos às suas características microscópicas e passam a usar conceitos macroscópicos, mesmo que ainda não haja um entendimento de forma completa de tais conceitos, como é o caso do conceito de corrosão, onde houve 11 citações. Isto pelo fato de que a maioria dos estudantes sempre associa o Ácido como algo extremamente corrosivo, perigoso, o que não é o caso, pois como é sabido, quando se trata de corrosão deve-se considerar o poder de ionização e a concentração do ácido

para considerar o potencial de corrosão do mesmo, além da temperatura, esforços mecânicos e erosão (SMITH, 1998).

A seguir é apresentado o resultado da análise dos conceitos que emergiram das respostas dos estudantes. Utilizando como procedimento a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), foi feita uma leitura flutuante de todo o material e foram definidas unidades de significação que funcionaram como categorias conceituais que apresentam inter-relação com o conteúdo de Ácidos, após isso foi verificada a frequência dessas categorias conceituais, que foram apresentados em gráfico.

Foram obtidos 6 categorias, que são: *corrosão*, *pH*, *neutralização*, *sabor*, *força*, *Hidrogênio/próton*.

Figura 11 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Cabem aqui citar os estudos de Figueira (2010), que analisou os conceitos levantados por estudantes de Ensino Fundamental, Médio, calouros e formandos em Química para a definição de Ácidos-Bases. Com relação ao EF a autora também identificou um maior número de respostas que apresentaram o conceito de corrosão para definição de um Ácido. Com relação ao conceito de pH em comparação com o estudo de Figueira (2010) já houve uma mudança significativa, enquanto que na pesquisa da autora houve apenas uma citação deste conceito pelos estudantes do EF, aqui já percebemos uma variação com um maior número de citações.

Com relação ao conceito, como é sabido, a escala de pH varia de zero (soluções muito ácidas) até 14 (soluções muito básicas), sendo que o valor de $\text{pH}=7$ corresponde a uma solução neutra. Considerando assim, foi identificado um grave erro conceitual com relação à variação dos valores da escala de pH, como citado a seguir:

Sujeito C1: “São substâncias corrosivas, na escala de pH, os ácidos correspondem aos números 0 a 6, onde 7 é neutro.”

Percebe-se o erro com relação à variação ser de 0 a 6. Se considerarmos esse raciocínio, uma substância com $\text{pH}=6,5$ não poderia ser classificada como ácido nem como base. Aqui se mostra uma importante situação em que se faz necessário o conhecimento das concepções prévias dos estudantes por parte dos professores para que se possam ser feitas correções do conhecimento através de uma modificação dos subsunçores.

4.2.1.2. Discussão dos resultados para a Questão 3

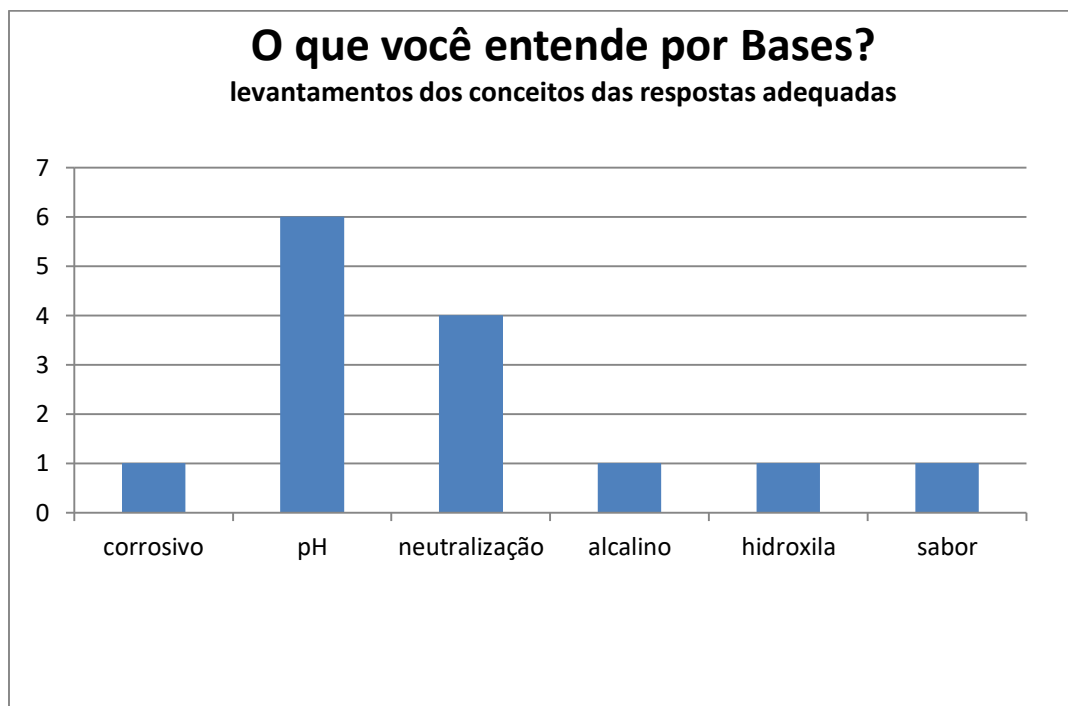
Na terceira questão do QI foi solicitado que os participantes dissertassem acerca dos conhecimentos que eles possuem da espécie química Base. A pergunta em questão foi a seguinte:

3) O que você entende por Base?

Conforme indicado no Quadro 8, 3 participantes não responderam a questão, sendo que das 16 que responderam, apenas metade delas apresentaram respostas adequadas para a definição de Bases. Enquanto que na questão para definição de Ácidos todos os participantes responderam, e o número de respostas adequadas foi bem maior, pode-se evidenciar que o conhecimento adquirido no EF sobre as Bases é bem menos difundido do que o sobre os Ácidos. Resultado semelhante encontrou Figueira (2010), onde obteve um maior número de respostas “não sabem/não responderam” na questão para definição de Bases em comparação para a questão que solicitava a definição de um Ácido. O que se percebe que ainda se insiste nos métodos de ensino um menor desenvolvimento de conceitos para a definição de substâncias alcalinas em sala de aula.

Em relação aos conceitos apresentados pelos estudantes nas respostas definidas como adequadas, foram listados as seguintes categorias: *corrosão*, *pH*, *neutralização*, *alcalino*, *hidroxila*.

Figura 12 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se novamente que o conceito categórico de *pH* foi mais significativo para a definição da espécie química pelos participantes, seguida pela categoria *neutralização*. Por exemplo, as seguintes respostas:

Sujeito A1: “Que é algo que também pode ser corrosivo, mas não nos dá a ideia de algo tão ‘azedo’ quanto o ácido. Na escala de pH seu nível pode ser medido de 7 a 14, onde quanto mais próximo a 14 mais básica é a substância.”

Sujeito C1: “São substâncias básicas, contrárias aos ácidos, ou seja, que anulam os ácidos, assim como os ácidos as anulam. Correspondem aos números acima de 7 na escala de pH.”

Sujeito G: “Substâncias que tem nível de pH acima de 7.”

Novamente percebe-se a falta de definições teóricas definidoras, como exemplo a definição de Arrhenius para estas espécies químicas. Apenas o participante M1 citou a *Hidroxila* (OH^-) em suas respostas, uma citação que um pouco se assemelharia a definição de Arrhenius, como apresentado a seguir:

Sujeito M1: “São estruturas alcalinas com fórmula OH^- que em contato com ácido neutraliza e gera produtos sal e água.”

Destaque para a resposta acima que além de ser a única a citar a presença de hidroxilas na base (o que se aproximaria de uma resposta para a teoria de Arrhenius), destacou os produtos da reação de neutralização entre Ácidos e Bases, no caso, sal e água.

4.2.1.3. Discussão dos resultados para a Questão 4

Foi solicitado na questão que discorressem acerca dos usos das substâncias ácidas no cotidiano dos estudantes a fim de verificar se há um conhecimento contextualizado desses conceitos. A questão foi a seguinte:

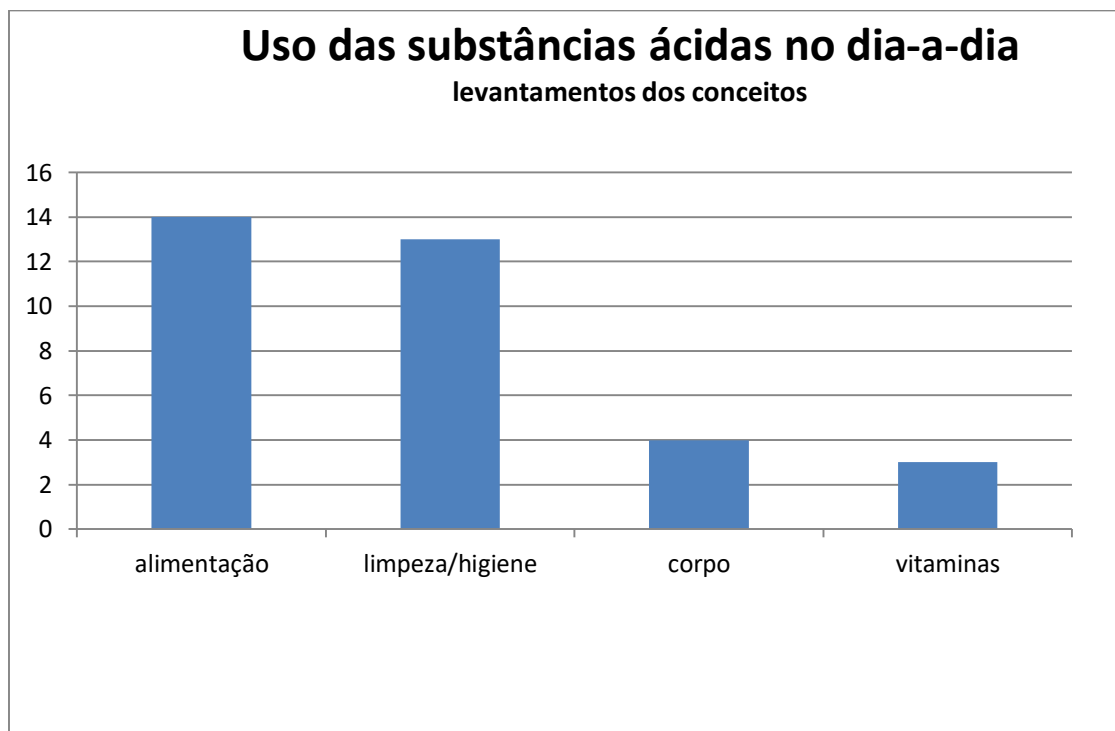
4) *Discorra acerca dos usos das substâncias ácidas no seu dia-a-dia.*

As respostas dos estudantes se apresentaram com exemplos de substâncias/soluções ácidas que eles conhecem e que fazem parte do cotidiano deles. Algumas respostas apresentaram exemplos corretos de apenas substâncias/soluções ácidas, e estas respostas foram classificadas como adequadas. Porém, algumas respostas apresentaram outras substâncias/soluções que não são classificadas como ácidas, sendo assim, estas respostas foram classificadas como parcial, por terem conceitos certos e errôneos na resposta. Já as que apresentaram exemplos errôneos foram classificadas como inadequadas.

Das respostas apresentadas, a categoria que recebeu mais conceitos que exemplificam os Ácidos foi a *Alimentação*, onde os estudantes citaram conceitos, principalmente relacionados às frutas cítricas. Outra categoria bastante apresentada nas

respostas foi a de *Higiene/limpeza* seguida pela categoria *Corpo*, onde foram feitas referências ao suco gástrico. A categoria com menos citações foi a sobre *Vitaminas*.

Figura 13 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Na categoria *Alimentação* foram apresentados os principais conceitos escolhidos pelos participantes para exemplificar as espécies Ácidas no dia-a-dia:

Sujeito C1: “São encontrados em várias frutas cítricas...”

Sujeito L3: “O ácido é mais fácil de ser identificar no nosso dia-a-dia, exemplo: laranja, limão.”

Sujeito S1: “Frutas cítricas, exemplos: abacaxi, limão, laranja.”

Na categoria *Higiene* vale destacar aqui que houve muitas citações de conceitos, porém muitos dos citados não correspondem às soluções ácidas. Um exemplo bastante apresentado pelos estudantes é o da água sanitária, o que é um erro considerando se tratar de uma solução alcalina composta por um sal básico, o hipoclorito de sódio (NaClO). Outro exemplo de conceito apresentado de forma errônea é o do bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que também se trata de um sal alcalino. Muitas das respostas

acabaram por serem classificadas por parcial em decorrência das citações destes exemplos.

Na categoria *Corpo* temos como única citação o suco gástrico, que é composto pelo ácido clorídrico (HCl) além de enzimas digestivas. E por último, alguns estudantes citaram o conceito de *Vitamina*, mais específica a vitamina C (ácido ascórbico) para exemplificar os ácidos. Percebe-se que mesmo sendo conceitos que fazem parte do metabolismo biológico dos estudantes, ainda assim houve poucas citações.

4.2.1.4. Discussão dos resultados para a Questão 5

Nesta questão foi solicitado que os participantes dissertassem acerca do uso de Bases no cotidiano deles. A questão foi a seguinte:

5) *Discorra acerca dos usos das substâncias básicas no seu dia-a-dia.*

Como pode ser verificado no Quadro 8, dos 19 participantes, 4 deles não souberam responder tal pergunta, diferente de apenas 1 no caso dos Ácidos. O que reforça a ideia de que os estudantes apresentam uma visão mais consolidada sobre Ácidos do que sobre Bases.

Mas quando analisadas as respostas com os exemplos de Bases na Questão 5, houve uma percentagem melhor de respostas adequadas em comparação aos Ácidos da Questão 4, o que poderia contrariar a conclusão anterior sobre os estudantes terem um maior conhecimento dos Ácidos do que das Bases. Todavia, quando analisado os conceitos listados nas respostas percebe-se uma grande limitação de conhecimento em decorrência de poucos exemplos citados nas respostas. Praticamente todas as respostas se limitaram à categoria de *Limpeza/higiene*, sendo um total de 12 conceitos, onde principalmente listaram como exemplos o sabão e produtos de limpeza e higiene em geral.

O que se verifica um enfraquecimento na compreensão das espécies alcalinas no processo do ensino e aprendizagem quando confrontado com o conhecimento sobre as espécies ácidas. Cross *et al* (1986, 1988, apud FIGUEIRA, 2010) já identificaram essa evidência de uma difusão maior de conhecimentos sobre os Ácidos do que sobre as Bases quando analisaram os conceitos de estudantes de ciências de Universidades

francesas, e chegaram à conclusão de que o conceito de Ácidos era muito mais desenvolvido do o conceito de Bases.

4.2.2. Análise dos Questionários Iniciais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

No Quadro 10 a seguir são apresentados os resultados das respostas dos participantes no QI que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, o que sugere a não presença de subsunçores segundo a TAS. Também foram solicitados a externalizar os conhecimentos para definição das espécies químicas Ácidos-Bases e discorrer acerca do uso delas no cotidiano.

Quadro 10 - resultados das respostas dos participantes no Questionário Inicial que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases

Questão	Respostas	Análise das respostas				
		Quantidade	Tipo de resposta	Quantidade	Percentuais	
2. Conhecimento acerca dos Ácidos	Sim	14	Adequada	5	35,71%	93,33%
			Inadequada	9	64,29%	
	Não	1	-			6,67%
3. Conhecimentos acerca das Bases	Sim	11	Adequada	5	45,45%	73,33%
			Inadequada	6	54,55%	
	Não	4	-			26,67%
4. Relação Ácidos com o cotidiano	Sim	14	Adequada	2	14,28%	93,33%
			Parcial	9	64,28%	
			Inadequada	3	21,44%	
	Não	1	-			6,67%
5. Relação Bases com o cotidiano	Sim	12	Adequada	11	91,66%	80%
			Parcial	1	8,34%	
			Inadequada	-	-	
	Não	3	-			20%

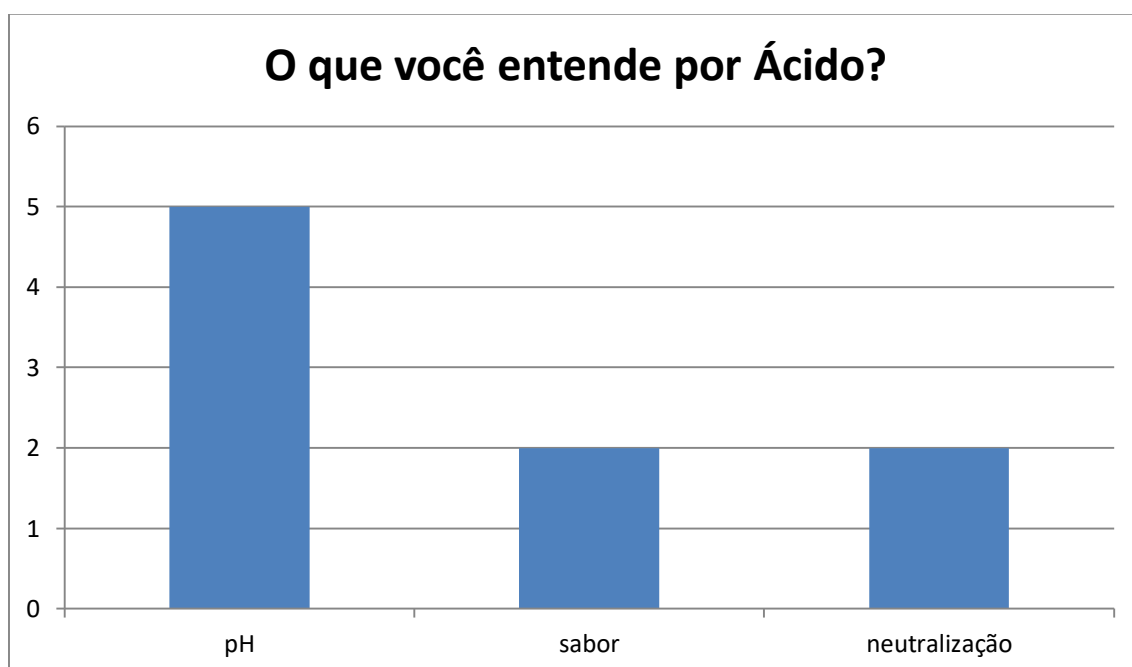
Fonte: Autor (2019).

4.2.2.1. Discussão dos resultados para a Questão 2

Conforme indicado no Quadro 9, pela análise dos registros entregues pelos estudantes que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, foi possível observar que diante do questionamento acerca da definição da espécie química Ácido, 93,33% responderam a questão, onde destes que responderam apenas 35,71% apresentaram uma resposta tida como adequada para a definição de um Ácido.

Das respostas apresentadas e consideradas como adequadas emergiram apenas três categorias conceituais para a definição de um Ácido. Como mostra o gráfico a seguir:

Figura 14 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Ao ser feito um comparativo inicial com relação ao número de conceitos definidores entre os estudantes que já tiveram contato com o conteúdo químico em questão com os estudantes que não tiveram este contato, percebe-se que há uma grande limitação categórica naqueles que não obtiveram este conhecimento previamente. Muito pelo fato de que estes estudantes não possuem ainda subsunçores previamente formados para este conteúdo específico, o que justifica esta restrição de conceitos segundo a TAS. Enquanto que no grupo anterior obteve-se um total de 6 categorias conceituais, aqui obteve-se apenas 3.

Mas ainda assim foram apresentadas respostas adequadas, como as apresentadas a seguir:

Sujeito A2: “Substâncias que tem o pH abaixo de 7 ... azedo.”

Sujeito A3: “São substâncias com o pH acima de 7, servem como neutralizantes dos ácidos.”

Sujeito A4: “Quando algo tem pH abaixo de 7. Pode neutralizar a base.”

Sujeito K: “Algo em que o pH é abaixo de 7.”

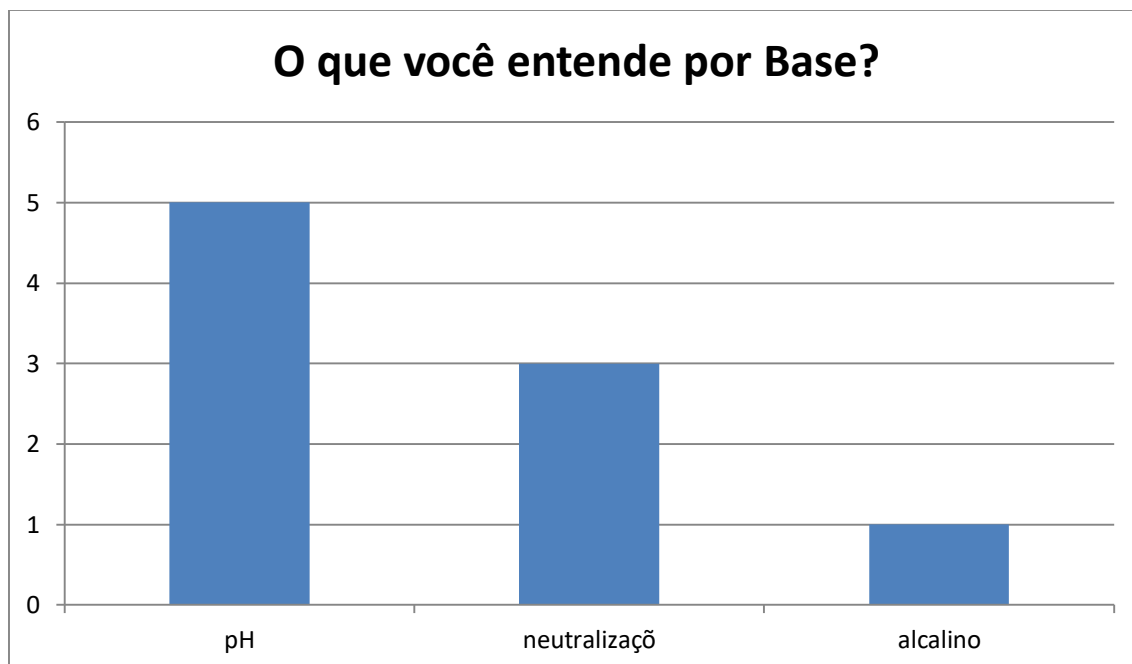
Percebe-se que, mesmo segundo os estudantes não tendo estudado em sala de aula o conteúdo de Ácidos, alguns deles conhecem o conceito de escala de pH e a relação de definição de uma espécie química Ácida. O que pode estar relacionado a um conhecimento adquirido fora de sala de aula.

4.2.2.2. Discussão dos resultados para a Questão 3

Com relação às respostas apresentadas pelos estudantes que não tiveram contato em sala de aula com o conteúdo de Bases, foram apresentados um número maior de respostas em branco ou que não sabiam, num total de 26,67%. O que novamente se reforça um baixo conhecimento acerca desta espécie química em comparação aos Ácidos. Uma percentagem também maior se comparado com os alunos que já tiveram convívio escolar com o conteúdo.

Das respostas apresentadas e consideradas como adequadas emergiram apenas três categorias conceituais para a definição de uma Base, semelhante ao que ocorreu com a definição de um Ácido. Como mostra o gráfico a seguir:

Figura 15 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se novamente uma limitação no levantamento de categorias definidoras para a espécie química em questão. Se comparado aos estudantes que já tiveram contato anterior com o conteúdo, ou seja que possuem subsunçores, aqui observamos apenas três categorias, diferente das seis apresentadas pelos estudantes que já estudaram este conteúdo em ano escolar anterior.

Das respostas apresentadas que listam tais categorias conceituais podemos citar algumas respostas, como as a seguir:

Sujeito A3: “São substâncias com o pH acima de 7, que servem como neutralizantes dos ácidos.”

Sujeito A4: “Que tem pH acima de 7. Pode neutralizar um ácido.”

Sujeito P: “Bases são substâncias alcalinas, que neutralizam os ácidos.”

Percebe-se uma grande limitação nas respostas, desde o número de respostas consideradas adequadas para a definição de uma Base, quanto ao número de categorias

conceituais para a explicação das mesmas se comparado com o outro grupo de participantes. Além de perceber um maior número de respostas em branco ou que não sabiam responder a questão. O que demonstra uma ineficaz formação no conhecimento prévio destes estudantes por não terem um contato com o conteúdo.

4.2.2.3. Discussão dos resultados para a Questão 4

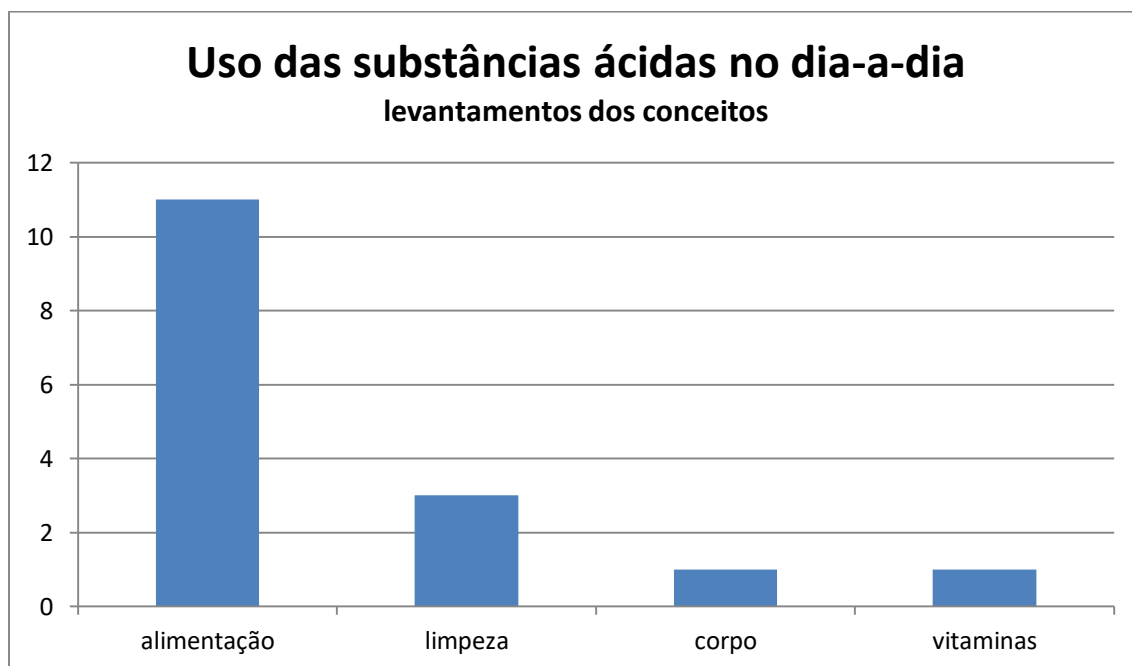
Quando solicitados a discorrer acerca do uso das substâncias Ácidas no cotidiano dos estudantes, o grupo referente aos que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases obteve um número maior de respostas classificadas como parciais. Semelhante ao grupo de alunos que já estudaram o conteúdo em outro ano escolar, aqui se obteve respostas que listavam exemplos de substâncias/soluções ácidas, mas com exemplos que não correspondem a Ácidos.

Em decorrência disto, foi obtida uma percentagem de 64,28% de respostas parciais em relação aos que responderam a questão. Se comparado aos participantes do outro grupo de estudantes, neste caso o número de respostas parciais foi menor.

Já em relação ao número de respostas adequadas, foi obtida uma percentagem um pouco maior (14,28%) em comparação com o grupo que já estudou o conteúdo de Ácidos (11,11%). Mas tal resultado não se mostra melhor quando analisadas as categorias conceituais nas respostas. Apesar de serem obtidas também quatro categorias, o número de conceitos apresentados nas respostas foi menor.

Das respostas apresentadas emergiram apenas quatro categorias conceituais para as respostas que listavam exemplos de Ácidos no cotidiano dos estudantes. Como mostra o gráfico na página a seguir:

Figura 16 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se um menor número de citações de conceitos nas categorias, pois em uma mesma resposta pode haver mais de um conceito em questão. Enquanto que no primeiro grupo foram obtidas respostas mais elaboradas com exemplos citando mais de um conceito, aqui se percebe uma limitação, além de respostas enfraquecidas.

Sujeito A2: “Frutas cítricas.”

Sujeito A3: “Frutas cítricas e o próprio suco gástrico.”

Sujeito A5: “Laranja, abacaxi.”

Foram apresentadas respostas simples e muito limitadas de conceitos, o que reforça uma falta de subsunções mais elaborados, com limitação de organizadores prévios que embasam o conhecimento químico em questão.

4.2.2.4. Discussão dos resultados para a Questão 5

Quando solicitados a listar exemplos de Bases no cotidiano dos participantes, verificou-se uma forte limitação de categorias para os conceitos apresentados. Em geral as respostas se restringiram a apenas exemplos relacionados à limpeza, num total de 12

conceitos. Semelhante ao que aconteceu com os estudantes do outro grupo em questão, verifica-se uma fragilidade na estrutura cognitiva dos estudantes em relação à associação do conceito Base com o dia-a-dia dos estudantes.

Os participantes se limitaram a apenas listar exemplos como sabão, detergentes e outros produtos de limpeza para exemplificar a presença de substâncias alcalinas no dia-a-dia.

Sujeito A2: “Sabão, detergente.”

Sujeito A3: “Os diversos produtos de limpeza, como o sabão, o detergente, etc.”

Sujeito E: “Ele se encontra presente no sabão, coisa que usamos para lavagem corporal, de roupas e louças.”

Diante das respostas, reforça-se um enfraquecimento na compreensão da espécie química Base no processo de ensino e aprendizagem quando confrontado com os conhecimentos sobre a espécie Ácida, como já constatada anteriormente até mesmo com os estudantes que já tiveram contato escolar com o conteúdo.

4.3. Análise dos Mapas Conceituais Iniciais

No primeiro encontro além de responderem ao QI, os participantes da pesquisa também elaboraram MC referente ao assunto abordado para identificação de conhecimentos prévios e para depois ser feita uma comparação com os MC elaborados no final da pesquisa. Tal comparativo servirá para analisar se houve uma evolução ou involução no processo de aprendizagem dos estudantes após a utilização dos OA.

Os MC podem ser utilizados como estratégia de ensino para organizar e comunicar conhecimentos em que o professor pode relembrar conceitos já trabalhados em sala de aula (NOVAK; GOWIN, 1984). Ao preparar um MC acerca do conteúdo de Ácidos-Bases, o estudante deve explicitar hierarquicamente conceitos que se relacionam ao conteúdo e demonstrar ligações válidas entre os conceitos. Conforme Moreira (2011) o uso de MC podem ser utilizados já que os mesmos foram criados a fim de promover uma AS.

A AS se dá de forma mais fácil quando os conceitos mais amplos são apresentados primeiro, e progressivamente vai se promovendo a diferenciação nas especificidades, ou seja, há uma ideia de hierarquização dos conceitos colocados (NOVAK; GOWIN, 1984).

Neste trabalho, os MC elaborados pelos estudantes passaram por uma análise quantitativa seguindo as orientações de Joseph Novak. Não foram analisados mapas corretos ou errados, mas sim, se os mesmos estão organizados perante o estudo realizado e se apresentam evidências de uma AS baseadas nas associações cognitivas realizadas sobre o assunto. Uma análise qualitativa também foi realizada a fim de verificar os aspectos mencionados, no caso, se os conceitos estão presentes de forma significativa na estrutura cognitiva do estudante.

A estratégia de avaliação com MC convoca o aluno a uma postura reflexiva em relação ao processo de elaboração do seu mapa, ao mesmo tempo em que possibilita ao professor identificar as limitações e os avanços do aprendiz em relação ao conteúdo estudado (NOVAK; GOWIN, 1984).

MC, de modo geral, são diagramas indicando relações entre conceitos. Os MC podem auxiliar o professor na avaliação das relações conceituais, uma vez que é possível visualizar o que o aluno constrói como resposta ao que foi apresentado na aula (unidade, capítulo, bimestre, etc.). Evidencia-se, assim, a qualidade da compreensão das informações, configurando-se como eficiente ferramenta de avaliação da aprendizagem (MOREIRA, 1998).

Dentre os elementos de análise que o mapa oferece em sua estrutura, a hierarquia de conceitos contemplada na maioria dos mapas elaborados pelos estudantes apresentou coerência com a abordagem instrucional, sendo considerada válida. Conforme Moreira (2011), a organização dos conteúdos na aula se apresenta hierarquicamente e é transposta para a mente do aprendiz se obedecendo ao princípio de diferenciação progressiva. Promove-se de maneira simultânea na reorganização mental do aluno o princípio da reconciliação integrativa, externado pelas relações quando na elaboração do MC.

Os MC elaborados pelos alunos participantes da pesquisa foram analisados em seus aspectos literal e estrutural, de acordo com o proposto em Novak e Gowin (1984), a luz da concepção cognitiva de Moreira (2011), cujas categorias adotadas foram:

- a) Hierarquização/Abrangência relativa dos conceitos;
- b) Proposições/Número de conceitos e relações válidas;
- c) Palavras de Ligações válidas que relacionam os conceitos;
- d) Ligação/Diferenciação Progressiva (conceitos mais gerais incluem os mais específicos) e Reconciliação Integrativa (relações cruzadas ou transversais entre conceitos);
- e) Exemplos válidos sobre o conteúdo específico.

Na atividade, os alunos foram orientados a construir seus respectivos mapas individualmente em uma folha em branco que foram anexadas ao QI. Novamente, a fim de fazer um comparativo na evolução da aprendizagem entre os alunos que já tiveram contato escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases (possuem subsunçores) e os alunos que não tiveram este contato anterior, foi feita uma análise em grupos separados para posterior comparação.

4.3.1. Análise dos MC dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.

Abaixo é apresentado o Quadro 11 com a análise quantitativa das pontuações adquiridas por cada MC segundo o esquema de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984).

Vale ressaltar que dos 19 estudantes que responderam ao QI e que fazem parte do grupo de estudantes que já tiveram contato com o conteúdo específico em outro ano escolar, dois não elaboraram os MC. Portanto, não participaram da avaliação aqui. Assim, consideram-se apenas os dados referentes aos 17 estudantes do grupo em questão.

Quadro 11 - Pontuação dos MC dos estudantes que tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

Participante	Crítérios	Quantidade	Pontuação
Sujeito A1	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	5	10
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	6	6
Total: 34			
Sujeito C1	Hierarquia	0	0
	Proposições	10	10
	Palavras de ligação	29	58
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	4	4
Total: 82			
Sujeito C2	Hierarquia	1	5
	Proposições	1	1
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	5	5
Total: 15			
Sujeito D1	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	7	14
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	3	3
Total: 24			
Sujeito I1	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	3	6
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 25			
Sujeito L1	Hierarquia	1	5
	Proposições	8	8
	Palavras de ligação	11	22
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	6	6
Total: 51			
Sujeito L2	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	3	6
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	2	2
Total: 27			
Sujeito L3	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	5	10
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	5	5
Total: 25			
Sujeito M1	Hierarquia	1	5
	Proposições	6	6
	Palavras de ligação	6	12
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 25			

Sujeito M2	Hierarquia	2	10
	Proposições	6	6
	Palavras de ligação	7	14
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	3	3
Total: 43			
Sujeito M3	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	8	16
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	2	2
Total: 37			
Sujeito N	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	9	18
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	5	5
Total: 43			
Sujeito R1	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 13			
Sujeito R2	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	3	6
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	7	7
Total: 33			
Sujeito S1	Hierarquia	1	5
	Proposições	6	16
	Palavras de ligação	6	12
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 25			
Sujeito S2	Hierarquia	0	0
	Proposições	1	1
	Palavras de ligação	1	2
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 5			
Sujeito V	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	4	4
Total: 15			

Fonte: Autor (2019).

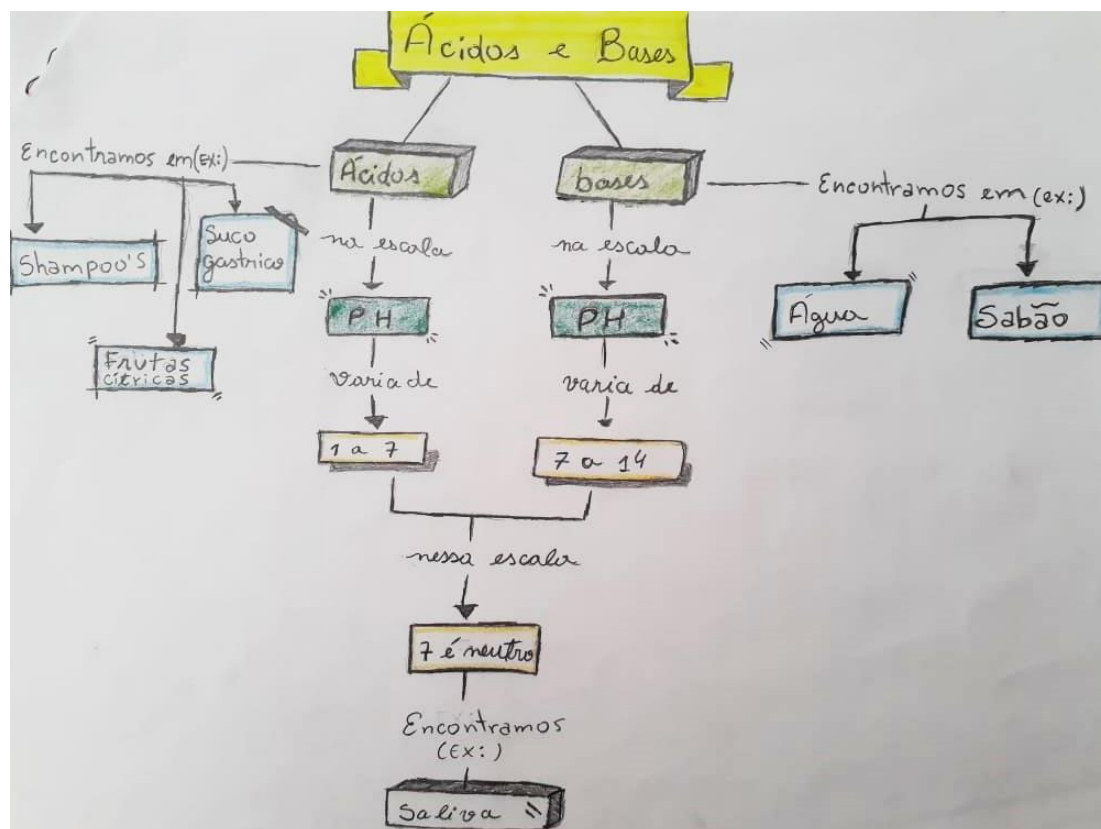
A partir das análises dos MC dos participantes do grupo, verificou-se que a maioria dos estudantes conseguiu apresentar uma sequência hierárquica dos conceitos, apesar de que a maioria apresentou apenas uma relação de hierarquia. De acordo com Moreira (2012) o relacionamento de um modelo hierárquico é formado por conceitos

mais inclusivos e abrangentes, que se localizam no topo do mapa de onde se ramificam conceitos específicos localizados na base.

Todos apresentaram proposições válidas que relacionam bem os conceitos através do uso de palavras de ligação e apresentando sentido válido. Segundo Novak e Gowin (1984), uma proposição é constituída por dois ou mais conceitos unidos por palavras de ligação formando uma unidade semântica.

Pode-se notar no MC do Sujeito A1, na Figura 17, a relação hierárquica entre os conceitos Ácidos-Bases e conceitos de pH. O MC apresenta proposições válidas, tais como “Ácidos na escala de pH varia de 1 a 7” e “Bases na escala de pH varia de 7 a 14”.

Figura 17 - MC elaborado pelo sujeito A1



Fonte: Autor (2019).

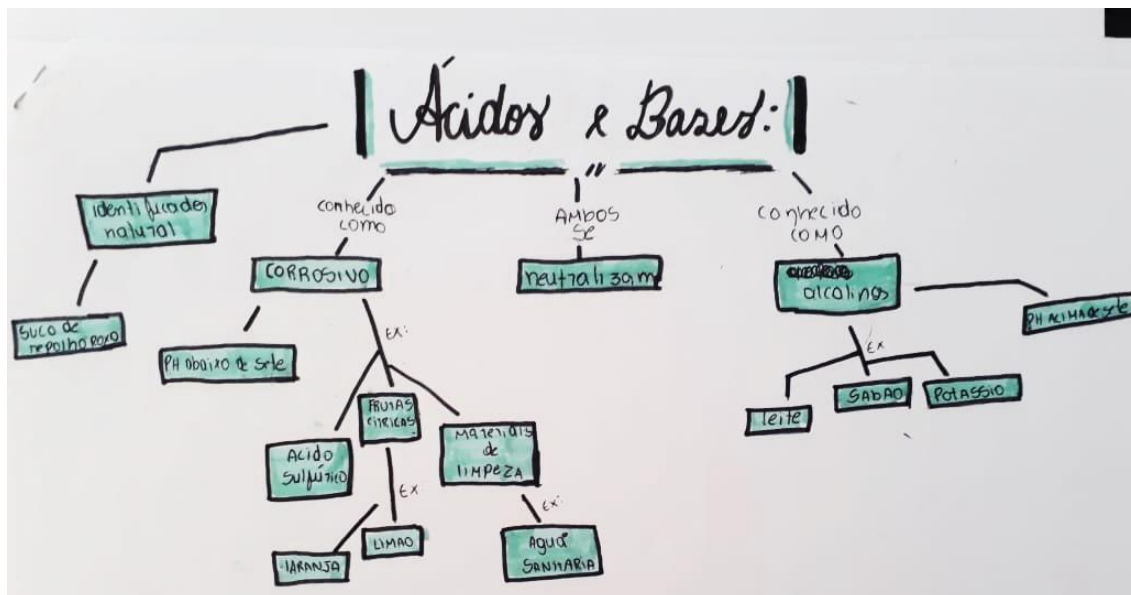
Pode-se notar também no MC do Sujeito A1, que houve uma ligação cruzada entre os conceitos dos valores de variação da escala de pH para apresentar o conceito de neutralidade na escala quando o valor do pH é igual a 7. Desta forma houve a reconciliação integradora em que se reconhecem novas relações entre conceitos ou

proposições. A diferenciação progressiva é o princípio em que os conceitos adquirem maior significado à medida que vão sendo abordados (MOREIRA, 2011). Esses vão ganhando significados mais vigorosos, consoante novas ligações que se estabelecem na rede cognitiva do estudante.

Um aspecto interessante a se considerar a partir do MC demonstrado na figura acima é a questão do uso de cores pelo sujeito durante a elaboração do mapa. Apesar de ser um conceito não obrigatório, segundo Aguiar (2018) a adição de cores diminui o esforço mental para compreender o conteúdo do MC quando comparado aos MC análogos sem cor.

O MC apresentado pelo Sujeito R2, Figura 18, exemplifica um mapa com poucas proposições válidas, limitado de palavras de ligações, sem ligações cruzadas entre conceitos e com alguns exemplos errôneos. O mapa reflete bem o que o participante apresentou também no QI, o qual não soube responder sobre as Bases e apresentou respostas parciais e limitadas de conceitos quando solicitado nas questões 4 e 5 do QI.

Figura 18 - MC elaborado pelo sujeito R2

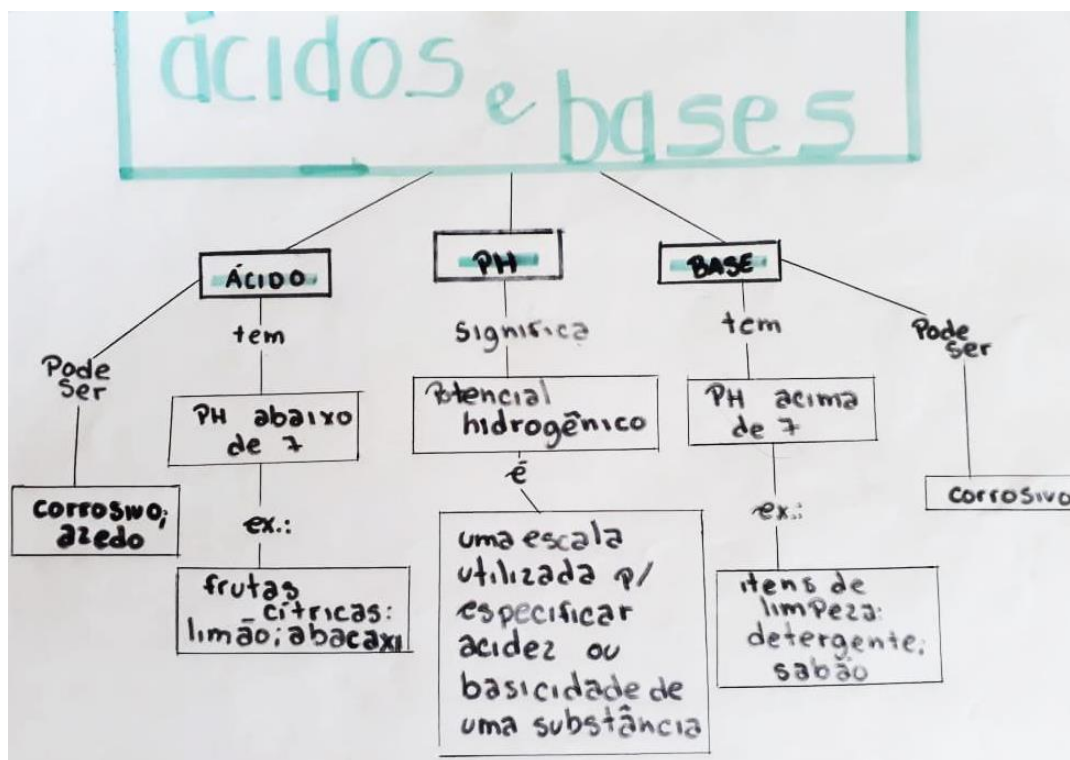


Fonte: Autor (2019).

Não foram apresentadas palavras de ligação sob as linhas que unem os conceitos, o que, diante disto pode-se inferir que não houve uma compreensão de muitos conceitos. Um dos quesitos para que ocorra a AS é a predisposição para

aprender, variável determinante neste processo. Em outras palavras, essa predisposição para aprender é quando o estudante está interessado em aprender os conteúdos que serão expostos pelo professor de forma que sua intenção não seja simplesmente em memorizar o assunto (AUSUBEL, 2003).

Figura 19 - MC elaborado pelo sujeito S1



Fonte: Autor (2019).

Outro MC para exemplificar os mapas produzidos pelo grupo é o apresentado na Figura 19. O mapa apresenta proposições válidas, hierarquia além de exemplificar corretamente. O Sujeito S1 explanou o seguinte através do mapa:

“Ácido tem pH abaixo de 7, pode ser corrosivo, azedo. Exemplos: frutas cítricas (limão, abacaxi).”

“Base tem pH acima de 7, pode ser corrosivo. Exemplos: itens de limpeza (detergente, sabão).”

“pH significa potencial hidrogeniônico. É uma escala utilizada para especificar acidez ou basicidade de uma substância.”

O que apresenta uma explicação oral satisfatória acerca do conteúdo em questão. Feita uma comparação com as respostas do QI do participante, verificou-se que o MC

foi fiel ao que o aluno respondeu nas questões. Desta forma o MC se mostra um eficiente instrumento avaliativo que possibilita tanto ao professor quanto ao estudante a percepção da identificação dos conteúdos mais relevantes, assim como as relações entre os mesmos que foram estabelecidos.

4.3.2. Análise dos MC dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

Abaixo é apresentado o Quadro 12 com a análise quantitativa das pontuações adquiridas por cada MC segundo o esquema de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984) pelos estudantes do grupo que não estudaram o conteúdo específico de Ácidos-Bases em ano escolar anterior. Participou deste grupo um total de 15 estudantes.

Quadro 12 - Pontuação dos MC dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

Participante	Critérios	Quantidade	Pontuação
Sujeito A2	Hierarquia	1	5
	Proposições	1	1
	Palavras de ligação	1	2
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	5	5
Total: 13			
Sujeito A3	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	5	10
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	3	3
Total: 23			
Sujeito A4	Hierarquia	2	10
	Proposições	6	6
	Palavras de ligação	6	12
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	0	0
Total: 38			
Sujeito A5	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	6	12
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	4	4
Total: 36			
Sujeito C3	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	1	2
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 12			
Sujeito D2	Hierarquia	1	5
	Proposições	0	0

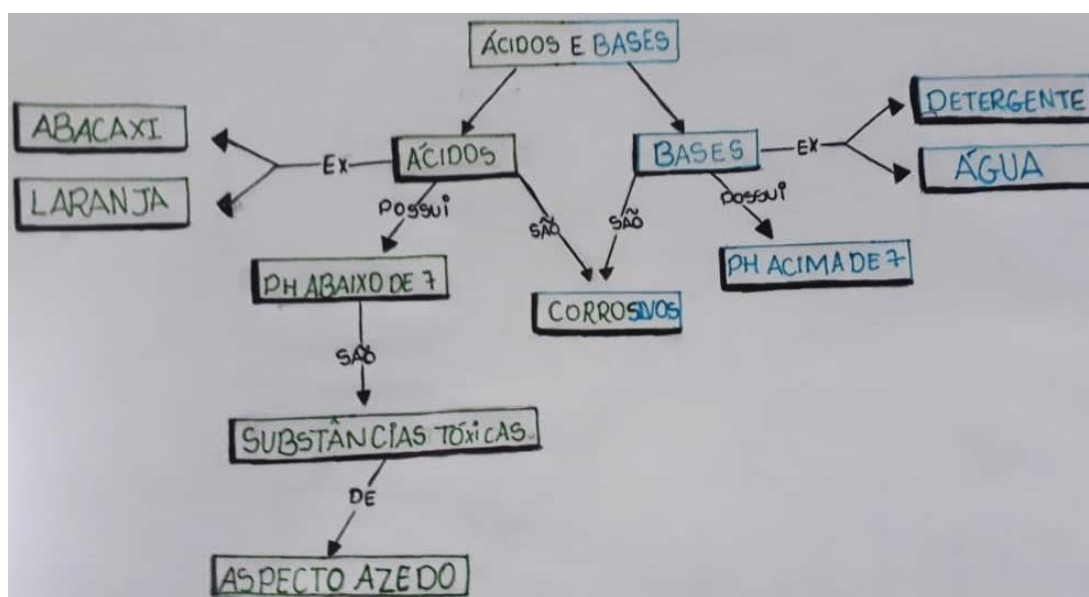
	Palavras de ligação	0	0
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	3	3
Total: 8			
Sujeito E	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	3	3
Total: 14			
Sujeito H	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	4	8
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	4	4
Total: 31			
Sujeito I2	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 13			
Sujeito J2	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	2	4
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	4	4
Total: 15			
Sujeito K	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	3	6
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	4
Total: 18			
Sujeito L4	Hierarquia	1	5
	Proposições	1	1
	Palavras de ligação	1	2
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	4	4
Total: 12			
Sujeito L5	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	5	10
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	3	3
Total: 33			
Sujeito P	Hierarquia	1	5
	Proposições	8	8
	Palavras de ligação	10	20
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	7	7
Total: 50			
Sujeito R3	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	3	6
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	4	4
Total: 28			

Fonte: Autor (2019).

Os participantes do grupo também conseguiram externalizar os conhecimentos sobre o tema através dos MC, e, em geral, os mapas foram fiéis às respostas do QI.

Considerando as pontuações obtidas pelos dois grupos, foi feita uma comparação da pontuação média obtida por cada. No grupo de estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no EF, o valor médio na pontuação dos MC elaborados foi de 30,70 pontos. No grupo dos estudantes que não tiveram aulas do conteúdo em ano escolar anterior a pontuação média foi de 22,93 pontos. Como era de se esperar, a pontuação média foi maior no grupo que já estudou o conteúdo e que segundo a TAS apresentam uma organização e integração prévia do conhecimento em estruturas existentes, os subsunçores (MOREIRA, 2011).

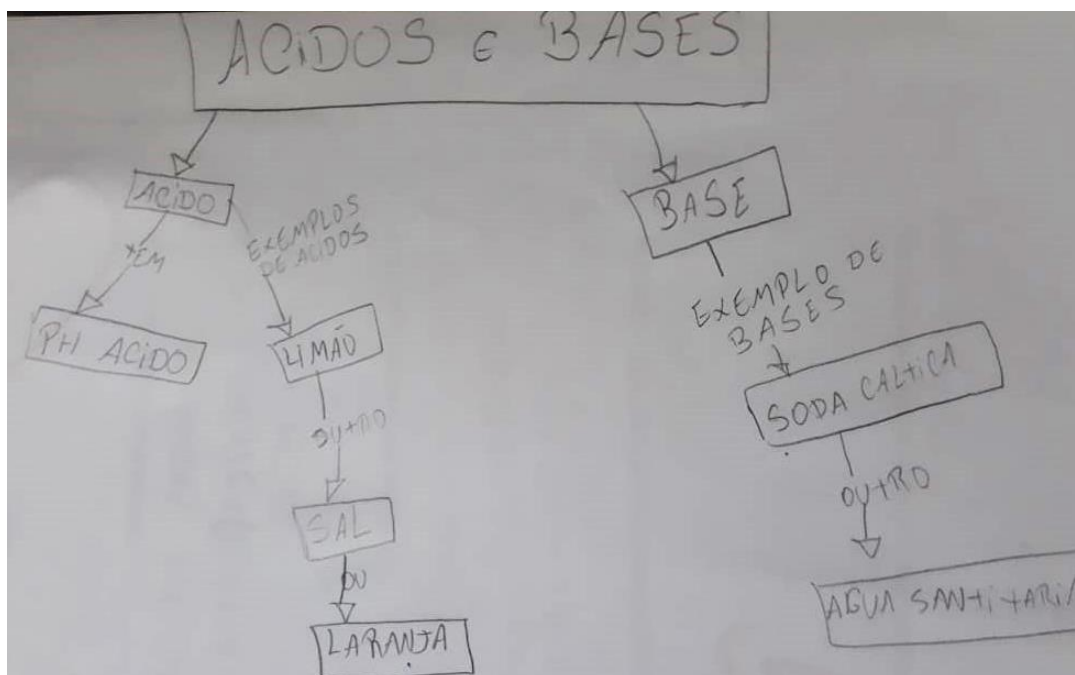
Figura 20 - MC elaborado pelo sujeito A5



Fonte: Autor (2019).

A Figura 20 apresenta um MC de um dos participantes no grupo. Pode-se verificar que apesar de não ter tido conhecimento anterior em ano escolar sobre o conteúdo, o mesmo soube fazer associações corretas e hierárquicas de conceitos, além de apresentar uma ligação cruzada e dar exemplos.

Figura 21 - MC elaborado pelo sujeito L4



Fonte: Autor (2019).

Já na Figura 21 temos um exemplo de um MC com poucos conceitos, com relações fracas, o que demonstram pouco conhecimento acerca do conteúdo.

Tavares; Muller; Fernandes (2018) em sua pesquisa sobre o uso dos MC como ferramentas cognitivas no Ensino de Química avaliaram MC iniciais e finais a respeito do conteúdo de Equilíbrio Ácido-Base em discentes. Segundo os autores, nos MC iniciais, menos da metade dos participantes conseguiram identificar e selecionar conceitos mais importantes sobre o conteúdo do estudo. O que mostra que, apesar da existência ou não de subsunções, pode existir uma baixa ancoragem de conceitos na estrutura cognitiva.

Considerando isto, os MC aplicados inicialmente possibilitam ao professor avaliar como se encontra o conhecimento na estrutura cognitiva do estudante. Se o mesmo sabe relacionar corretamente os conceitos, se existe uma diferenciação progressiva, hierárquica destes conceitos e se existem sentido válido nas relações conceituais (MOREIRA, 2011). Verificando este conhecimento previamente, pode o professore atuar com um maior campo de visão metodológica a fim de atingir uma AS nos seus alunos.

4.4. Análise dos exercícios aplicados

Durante o uso dos OA seguindo a sequência das UEPS, foi solicitado que os estudantes respondessem exercícios sobre o conteúdo de Ácidos-Bases à medida que manipulavam os simuladores. Os exercícios referentes às atividades de uso de OA efetuados na sala de informática foram analisados em conjunto, pois tratam de exercícios de aplicação posteriores a uma aula descritiva do conteúdo e também por tratar de exercícios que os estudantes responderam perante simulações interativas que traziam respostas dedutivas.

Figura 22 - Estudantes utilizando os OA no laboratório de informática



Fonte: Autor (2019).

A seguir estão apresentadas as análises do desempenho dos estudantes em cada exercício.

4.4.1. Exercício 1

Neste exercício, todos os alunos, após manipularem o OA *Soluções Ácido-Base* disponível na plataforma PhET, foram desafiados a resolver uma questão, que se tratou de um preenchimento de uma tabela (APÊNDICE D). Dos 32 estudantes que estiveram no encontro anterior e que apresentaram os MC, estiveram presentes no encontro referente à Atividade 1 do uso de OA um total de 26 participantes.

Este primeiro exercício foi apresentado aos estudantes um quadro para preenchimento que tinha a finalidade de fazer com que o participante se familiarizasse com as ferramentas presentes no OA. Para tanto foi solicitado que eles fizessem várias testagens com soluções prontas disponíveis no simulador e utilizassem as ferramentas disponíveis, tais como: pHmetro, papel indicador e sistema de condutividade.

Todos os participantes demonstraram bom desempenho na utilização, sem apresentarem muitas dúvidas em como manipular o OA, confirmando as características de interatividade, *feedback* e orientação implícita, características do simulador segundo Moore *et al.* (2014).

Após o preenchimento do quadro na mesma questão foi solicitado que os participantes respondessem o seguinte questionamento:

Após o preenchimento do quadro acima, o que você pode deduzir a respeito das características físico-químicas dos Ácidos e Bases?

Esta pergunta teve a finalidade de verificar se os estudantes conseguiram relacionar as características de pH, força, concentração, condutividade dos Ácidos-Bases. Durante o uso do OA os participantes utilizaram soluções pré-definidas pelo simulador onde eles podiam interagir visualizando as espécies químicas presentes no processo de ionização e dissociação iônica, verificar o pH utilizando um pHmetro e uma fita de papel indicador que mudava de cor e indicava o pH em uma escala de cores, além de verificar a possibilidade de condução elétrica e se essa condução era forte ou fraca.

Como os alunos utilizaram Ácidos e Bases tanto fortes quanto fracas, os mesmos puderam verificar que existem características físicas, como a condutividade elétrica que varia perante essa diferença de força. Como o OA apresenta também a possibilidade de visualizar os íons na solução, os participantes puderam comparar a relação de concentração desses íons com a condutividade e o pH.

Em geral as respostas foram adequadas e demonstraram satisfatório conhecimento acerca dessas características das soluções de acordo com o que foi abordado durante o manuseio do OA. A seguir são apresentadas algumas das respostas dos participantes.

Sujeito A1: “Que tanto substâncias ácidas ou básicas podem ser fortes, mas também podem ser fracas. Percebemos isso quando temos uma base forte ou um ácido forte e os indicadores apresentam cores e brilho fortes, já quando são substâncias fracas, encontramos cores e brilhos fracos.”

Sujeito M3: “Que o lance da condutibilidade elétrica é mais forte com bases e ácidos fortes, que tem mais íons concentrados.”

Sujeito S2: “Pelo o que eu observei quanto mais forte o ácido é mais baixo vai ser o pH, já com a base é o contrário, quanto mais forte a base é, o pH vai ser bem alto. E quanto mais forte é a base e o ácido, melhor é a condutividade de energia (vai ter mais força).”

Sujeito H: “Os ácidos e bases fortes possuem uma grande corrente elétrica, isso por causa de seus inúmeros íons. Já os ácidos e bases fracos não possuem por terem um número baixo de íons.”

Sujeito K: “pH do ácido: quanto mais perto de zero mais forte. pH da base: quanto mais longe do zero mais forte. Ácidos fortes e bases fortes são melhores condutores por que o ácido forte sofre mais ionização e a base mais dissociação iônica.”

Mas ainda assim alguns estudantes apresentaram respostas inadequadas que posteriormente foram consideradas como situações-problemas e debatidas com os estudantes para serem feitas correções conceituais.

Sujeito A4: “O ácido forte e o ácido fraco tem mais íons que as bases. Com isso há um aumento de condutividade elétrica.”

Percebe-se que o Sujeito A4 apresentou um erro quando comparou a quantidade de íons em solução entre Ácidos e Bases, sendo que tanto um quanto o outro pode ter grandes ou pequenas quantidades, o que vai determinar a força de um ácido vai mais além, como explicam Zapp, *et al.*(2015):

Afinal, 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. Essa ionização efetiva é fornecida pelo grau de ionização α , calculado pela razão entre o número de moléculas que se ionizaram e o número de moléculas inicialmente dissolvidas. Nesse caso, o grau de ionização α varia entre 0 e 1: próximo de 0 para os ácidos considerados “fracos” (como o ácido acético) e próximo a 1 para ácidos considerados “fortes” (como o ácido clorídrico). (ZAPP, *et al.*, 2015, p. 282).

Ainda mais, deve-se considerar a questão da concentração da solução testada, pois quanto mais concentrada for a solução, mais espécies Ácidas estarão presentes e, conseqüentemente, mais hidrogênios estarão disponíveis em solução para sofrer ionização.

Vale destacar que o conceito de concentração ainda não era bem conhecido pelos estudantes, pois esse conteúdo faz parte do estudo de soluções, que é previsto para o segundo ano do EM. Contudo, foi possível contornar através de uma discussão em sala de aula de forma a fornecer subsídios conceituais para o entendimento. Seguindo as etapas da UEPS, estes conceitos foram debatidos como situações-problemas com a finalidade de promover uma melhor aprendizagem destes conceitos menos complexos do ponto de vista do rigor científico, mas que se aproximem mais do cotidiano dos alunos.

4.4.2. Exercício 2

Neste exercício, todos os alunos, após manipularem o OA *Soluções Ácido-Base* disponível na plataforma PhET, foram desafiados a resolver duas questões (APÊNDICE E). Participaram deste exercício 26 estudantes, os mesmos do Exercício anterior.

Em geral, todos os estudantes apresentaram respostas consideradas como adequadas na resolução da atividade. As questões tratavam da relação de concentração, pH, pOH, condutividade elétrica dos Ácidos-Bases. Durante o uso do OA os participantes utilizaram soluções que poderiam ser alteradas pelo simulador a concentração e a força do Ácido ou da Base. Os estudantes também podiam interagir, visualizando as espécies químicas presentes no processo de ionização e dissociação iônica, verificar o pH utilizando um pHmetro e uma fita de papel indicador que mudava de cor e indicava o pH em uma escala de cores, além de verificar a possibilidade de condução elétrica e se essa condução era forte ou fraca. Segundo Nakhleh e Krajcik (2018), tais interações cumprem as características representacionais dos sistemas macroscópicos e microscópicos do conhecimento químico Ácido-Base.

A Figura 23, na página a seguir, apresenta um exemplo de resposta apresentada por um participante para a atividade 1 referente ao Exercício 2 e que se assemelha às respostas em geral dos outros estudantes.

Figura 23 - Respostas do participante A5 para a atividade 1 para o exercício 2

1 – Na opção “minha solução” crie uma solução de Ácido forte partindo de uma concentração inicial igual a 0,001mol/L

- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer
Aumente a concentração dessa solução para 0,1mol/L.
- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer
O que você pode constatar com relação a quantidade de espécies químicas presentes no bequer com a variação da concentração do ácido?

A medida da concentração eu vi que houve um aumento das espécies químico e dos Ácidos, com mais concentração de hidrônio (H_3O^+)

Qual o pH e o pOH da solução nas duas situações?

pH de 1.02 pOH = 6,08 . PH=300 , pOH = 4.

Como a concentração afeta no pH da solução ácida?

A concentração interfere pois pode aumentar ou diminuir

O que você consegue constatar, quando for colocado um sistema conectado a uma lâmpada, quando a concentração da solução ácida passa por essa mudança de concentração? Justifique sua resposta baseada nas espécies químicas presentes na solução.

A lâmpada fica com o brilho mais forte pois formasse mais íons.

Fonte: Autor (2019).

Como pode-se verificar, o participante soube relacionar o aumento da concentração da solução com um aumento de espécies químicas, aumentando a concentração de íons hidrônio (H_3O^+). O participante também apresentou os valores do pH fornecido no OA e soube efetuar o cálculo do pOH. Além do que, ele pode constatar que a variação de concentração da solução afeta também o valor do pH e condutividade elétrica.

Na Figura 24 é apresentado um exemplo de resposta para a segunda questão do Exercício 2 e que também se assemelha às respostas em geral dos outros estudantes.

Figura 24- Respostas do participante D1 para a atividade 2 para o exercício 2

2 – Crie agora uma solução de Base forte partindo de uma concentração igual a 0,001mol/L.

- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer.
Diminua a concentração dessa solução para 0,1mol/L.
- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer
O que você pode constatar com relação a quantidade de espécies químicas presentes no bequer com a variação da concentração da base?

houve um grande aumento na concentração de M^+ e OH^-

Qual o pH e o pOH da solução nas duas situações?

*0.001 $\Rightarrow$ pH é 11.00 e o pOH é 3.00
0.1 $\Rightarrow$ pH é 13.00 e o pOH é 1.00*

Como a concentração afeta no pH da solução ácida?

Se a concentração aumenta o pH aumenta

O que você consegue constatar, quando for colocado um sistema conectado a uma lâmpada, quando a concentração da solução básica passa por essa mudança de concentração? Justifique sua resposta baseada nas espécies químicas presentes na solução.

Na concentração 0.001 o brilho é um pouco fraco, e na 0.1 é muito forte. 0.1 possui mais íons, ou seja, mais energia.

Fonte: Autor (2019).

Neste caso para as Bases, o participante também pode verificar que o aumento da concentração da solução alcalina causou um aumento da concentração de hidroxilas (OH^-). O participante também apresentou corretamente os valores de pH e pOH além de constatar que o aumento de concentração em uma solução básica aumenta também o valor do pH, bem como, da condutividade elétrica da solução.

Os estudantes novamente puderam verificar a relação de concentração com a quantidades de espécies químicas iônicas dissolvidas na solução, além de verificar o pH e efetuar o cálculo de pOH a partir do valor encontrado no pHmetro.

4.4.3. Exercício 3

Este exercício foi aplicado com os estudantes após os mesmos manusearem o OA *pH: básico da escala* disponível na plataforma PhET. A atividade teve como objetivos diferenciar substâncias ácidas e básicas, conhecer o conceito de indicadores de Ácidos e Bases e identificar a relação de diluição e variação de pH de uma solução. Tais objetivos satisfazem os sistemas representacionais macroscópicos e microscópicos que organizam o conhecimento químico para Ácidos-Bases segundo Nakhleh e Krajcik (2018).

Estiveram presentes no dia da aplicação 23 estudantes, sendo somente estes considerados para análise.

Os participantes fazendo uso do OA escolhiam uma solução disponível no simulador e tinham que verificar o pH, caracterizar a solução como Ácida ou Base e efetuar um processo de diluição. Neste processo de diluição os estudantes puderam verificar o que acontecia com o pH da solução escolhida (APÊNDICE F).

A atividade referente ao processo de diluição corresponde a atividade 3 do Exercício em questão. A seguir é apresentada a Figura 25 que apresenta um exemplo de resposta de um dos participantes.

Figura 25- Respostas do participante M2 para a atividade 3 do exercício 3

3 – Quando a substância passa por um processo de diluição em água, o pH irá ser alterado. Verifique esse ocorrido com a substância escolhida, faça acréscimo de água e preencha a tabela a seguir:

Nome da substância	pH da substância	pH da solução com 0,5L da substância + 0,25L de água	pH da solução com 0,5L da substância + 0,5L de água
Café	5.0	5.18	5.30

O que você consegue concluir a respeito da relação de diluição e variação de pH, o que acontece com o pH de uma solução após a adição de água?

Se a substância for ácida o pH aumenta com a adição de água
Se a substância for básica o pH diminui com a adição de água

Fonte: Autor (2019).

Como se pode constatar, o participante pode efetuar o processo de diluição da solução escolhida por ele, no caso café, e chegou a conclusão após a verificação dos pH's que: "Se a substância for ácida o pH aumenta com a adição de água. Se a substância for básica o pH diminui com a adição de água."

Em geral, todos os estudantes apresentaram respostas consideradas como adequadas na resolução do exercício. Eles puderam concluir corretamente que o processo de diluição diminui a concentração das soluções tanto ácidas quanto básicas. Constataram também que o processo de diluição altera o pH da solução, aumentando o pH nas soluções Ácidas e diminuindo o pH nas soluções Básicas.

4.4.4. Exercício 4

Este exercício se deu após os estudantes manusearem o OA *Escala de pH*. A atividade foi composta por duas questões onde os estudantes deveriam efetuar cálculos de pH a partir dos valores de concentrações apresentados no simulador (APÊNDICE G). Estiveram presentes no dia da aplicação 23 estudantes, sendo somente estes considerados para análise.

Foi solicitado que os estudantes fizessem o cálculo de pH utilizando o cálculo por logaritmo a partir do valor de concentração de íons H^+ como foi apresentado na aula e depois efetuassem o cálculo para apresentar o pOH da solução selecionada. Tal atividade teve a finalidade de satisfazer o sistema representacional algébrico que organizam o conhecimento químico do conteúdo de Ácidos-Bases (NAKHLEAH; KRAJCIK, 1994).

Diferente das outras atividades esta não foi obtido as respostas esperadas. Em geral, os estudantes tiveram muitas dificuldades em apresentar os valores do pH utilizando o cálculo por logaritmo. Os estudantes apresentaram como respostas o valor do pH apenas utilizando a ferramenta do pHmetro disponibilizado no OA e depois efetuaram o cálculo do pOH, através da fórmula $pOH = 14 - pH$. Como são apresentados no exemplo de resposta do participante S2 nas Figuras 26 e 27 a seguir:

Figura 26 - Respostas do participante S2 para a atividade 1 do exercício 4

Atividade

1 – Escolha uma das substâncias presentes no OA listada acima

Substância: ácido de bateria

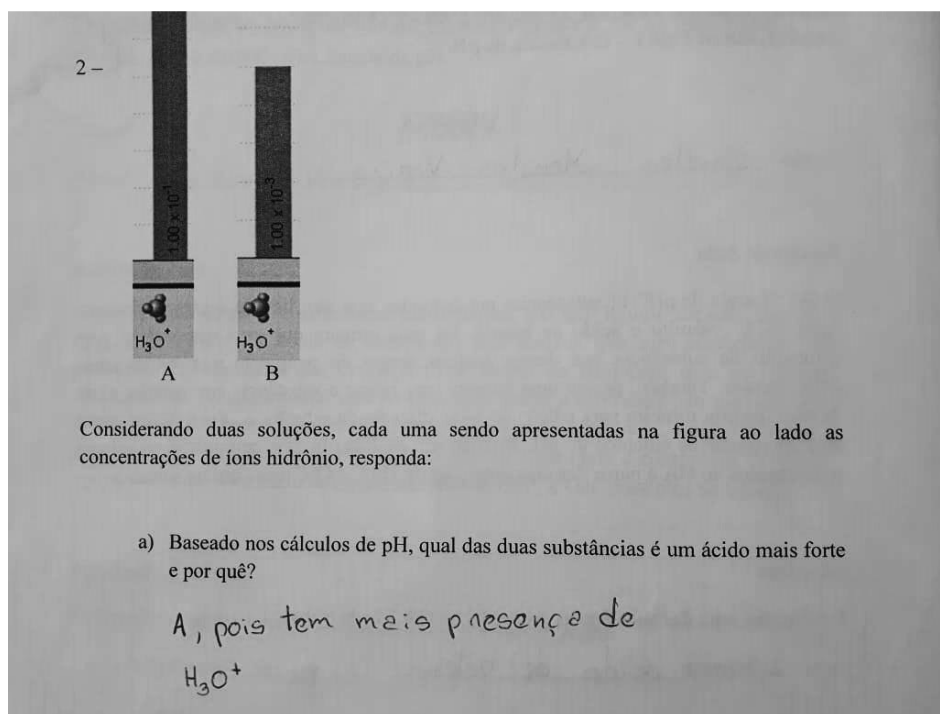
a) Adicione 0,5L da substância escolhida no béquer. Verifique na tabela a direita o valor da concentração de íons presentes e efetue o cálculo do pH e do pOH desta substância utilizando o cálculo de logaritmo.

$pH = 3.00$

$pOH = 14 - 3 = 11.00$

Fonte: Autor (2019).

Figura 27 - Resposta do participante S2 para a atividade 2 do exercício 4



Fonte: Autor (2019).

Após a aplicação foi feita um debate apresentando tal aspecto como situação-problema. E foi identificado que os estudantes ainda não possuíam conhecimento sobre logaritmos e que por isso tiveram dificuldades para a resolução utilizando tal cálculo, mesmo o mesmo sendo antes apresentado em aula e apresentado exemplos de como efetuar essa operação.

Em reunião com a professora de Matemática da escola, a mesma informou que o conteúdo de logaritmos só é ministrado no segundo ano, o que justifica tal ausência de conhecimento pelos estudantes.

4.5. Análise dos Questionários Finais

Nesta seção, são apresentados os resultados sobre a identificação de conhecimentos ampliados ou construídos e aprendizagem significativa dos estudantes, em dados coletados por meio de QF que foi aplicado no último encontro da UEPS. O QF corresponde às questões 2, 3, 4 e 5 do QI.

Também foram utilizadas técnicas de análise de conteúdo, do tipo categorial para a análise dos questionários.

Participaram dessa parte final da pesquisa um total de 22 estudantes que tiveram seus questionários divididos em dois grupos, como foi feito no QI. O grupo referente aos estudantes que já tiveram contato anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases no EF (possuíam subsunçores) e o grupo dos estudantes que não tiveram contato anterior com o conteúdo (não possuíam subsunçores). A análise visa verificar como ocorreu a evolução da aprendizagem em ambos os grupos.

O grupo referente aos que possuíam subsunçores antes da aplicação da pesquisa ficou composto no final em um total de 13 participantes. Já o grupo que não possuíam subsunçores no início da pesquisa ficou composto no final em um total de 9 participantes.

As respostas dos questionários foram analisadas no mesmo rigor de avaliação utilizado no QI para após ser feita uma comparação entre os dois intervalos temporais da pesquisa.

4.5.1. Análise dos Questionários Finais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.

No Quadro 13 a seguir são apresentados os resultados das respostas dos participantes no QF, onde foram solicitados a externar os conhecimentos para definição das espécies químicas Ácidos-Bases e discorrer acerca do uso delas no cotidiano dos estudantes.

Quadro 13 - Respostas Questionário Final, participantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar.

Questão	Respostas	Análise das respostas				
		Quantidade	Tipo de resposta	Quantidade	Percentuais	
2. Conhecimentos acerca dos Ácidos	Sim	13	Adequada	12	92,3%	100%
			Inadequada	1	7,7%	
	Não	0	-			-
3. Conhecimentos acerca das Bases	Sim	13	Adequada	12	92,3%	100%
			Inadequada	1	7,7%	
	Não	0	-			-
4. Relação Ácidos com o cotidiano	Sim	13	Adequada	4	30,76%	100%
			Parcial	9	69,24%	
			Inadequada	0	-	

	Não	0	-			-
5. Relação Bases com o cotidiano	Sim	13	Adequada	13	100%	100%
			Parcial	0	-	
			Inadequada	0	-	
	Não	0	-			-

Fonte: Autor (2019).

4.5.1.1. Discussão dos resultados para a Questão 1

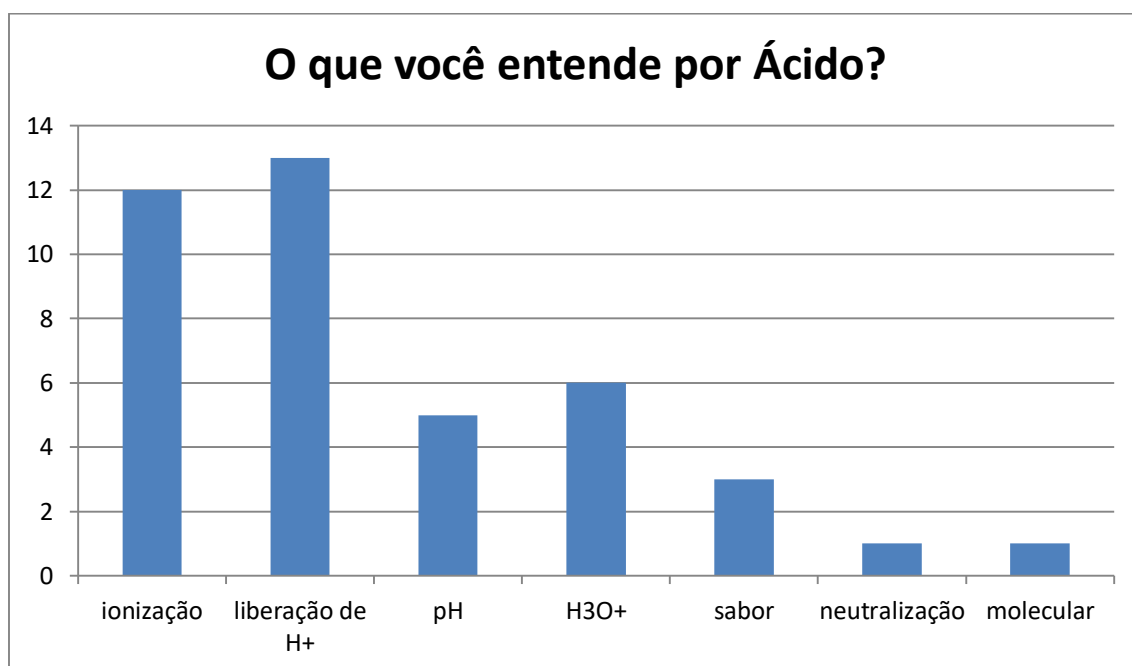
Na primeira questão do QF foi solicitado que os participantes dissertassem acerca dos conhecimentos que eles adquiriram da espécie química Ácido. A pergunta em questão foi a seguinte:

1) O que você entende por Ácido?

Conforme indicado no Quadro 12, pela análise dos registros entregues pelos estudantes que já tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, foi possível observar que, diante do questionamento acerca da definição da espécie química Ácido, 100% responderam a questão, onde 92,3% apresentaram uma resposta adequada para a definição de um Ácido. Somente um único participante apresentou uma resposta considerada como inadequada.

Das respostas apresentadas e consideradas como adequadas emergiram 7 categorias conceituais para a definição de um Ácido. Foram elas: *ionização*, *liberação de H^+* , *pH*, *H_3O^+* , *sabor*, *neutralização*, *molecular*. O gráfico a seguir apresenta a quantidade de citações destes conceitos nas respostas do QF.

Figura 28 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se aqui um aumento de categorias conceituais para a definição de um ácido, além do mais são apresentados conceitos mais elaborados e que estão ligados à definição teórica proposta por Arrhenius. As respostas apresentadas pelas estudantes em geral estão embasadas nesta teoria, como se pode verificar nos exemplos a seguir:

Sujeito D1: “De acordo com a teoria de Arrhenius, ácido é uma substância que em meio aquoso se ioniza e libera íons H⁺ que misturado com a água forma o hidrônio. O ácido se neutraliza com a base. Uma característica: azedo”

Sujeito R1: “Bom, para mim e pelo que eu entendi, ácido são todas as substâncias que em meio aquoso sofre ionização e liberam íons de H⁺, e quando se combinam com H₂O, formam íon de hidrônio.”

Sujeito R2: “Substância que em meio aquoso se ioniza e libera H⁺, com pH abaixo de 7, azedo, cítrico, quanto mais perto de zero mais forte o ácido.”

Sujeito S2: “É toda substância molecular que em meio aquoso sofre ionização liberando H^+ .”

As respostas apresentaram um rigor de uso de uma teoria científica aceita. Alguns dos conceitos que se baseiam na teoria de Arrhenius nem chegaram a ser citados no QI. Vale ressaltar também que o conceito mais empregado no QI para a definição de um Ácido foi o conceito de “corrosivo”. No QF o mesmo não foi apresentado nenhuma vez nas respostas, pois os estudantes puderam verificar que este não é um termo principal definidor para um Ácido.

4.5.1.2. Discussão dos resultados para a Questão 2

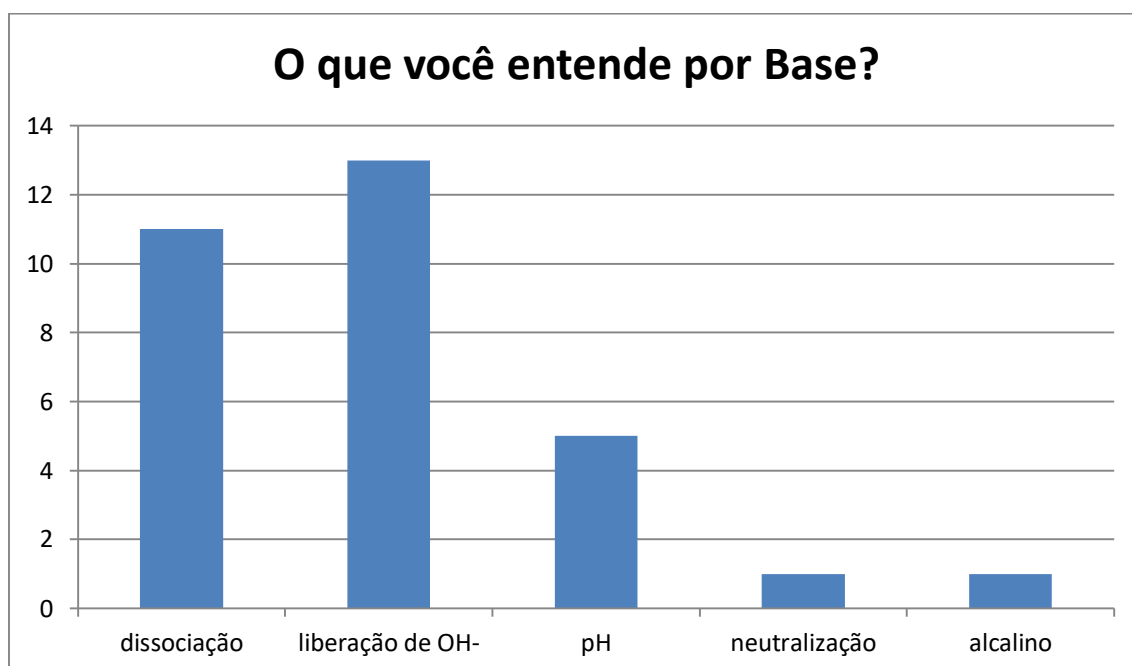
Na segunda questão do QF foi solicitado que os participantes dissertassem acerca dos conhecimentos que eles adquiriram da espécie química Base. A pergunta em questão foi a seguinte:

2) O que você entende por Base?

Conforme indicado no Quadro 12, 100% responderam a questão, onde 92,3% apresentaram uma resposta adequada para a definição de uma Base. E somente um único participante apresentou uma resposta considerada como inadequada.

Das respostas apresentadas e consideradas como adequadas emergiram 5 categorias conceituais para a definição de uma Base. Foram elas: *dissociação, liberação de OH^- , pH, neutralização, alcalina*. O gráfico a seguir apresenta a quantidade de citações destes conceitos nas respostas do QF.

Figura 29 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Novamente predomina-se aqui o uso de conceitos definidores que estão embasados a partir da teoria Ácido-Base de Arrhenius, conforme se pode constatar nos exemplos apresentados a seguir que discorrem das respostas de alguns participantes:

Sujeito A1: “É toda substância que em meio aquoso sofre dissociação e libera íons OH-”

Sujeito M2: “É toda substância iônica que quando entra em contato com a água sofre dissociação iônica liberando OH- (hidroxila). O pH classifica se a base é fraca ou forte, quando mais perto de 14, mais forte .”

Sujeito S2: “É uma substância alcalina que em solução aquosa sofre dissociação que libera hidroxilas.”

Semelhante ao que ocorreu na questão anterior houve um foco em apresentar conceitos definidores utilizando uma teoria científica como base. Conceitos estes que não foram amplamente abordados nas respostas apresentadas no QI.

4.5.1.3. Discussão dos resultados para a Questão 3

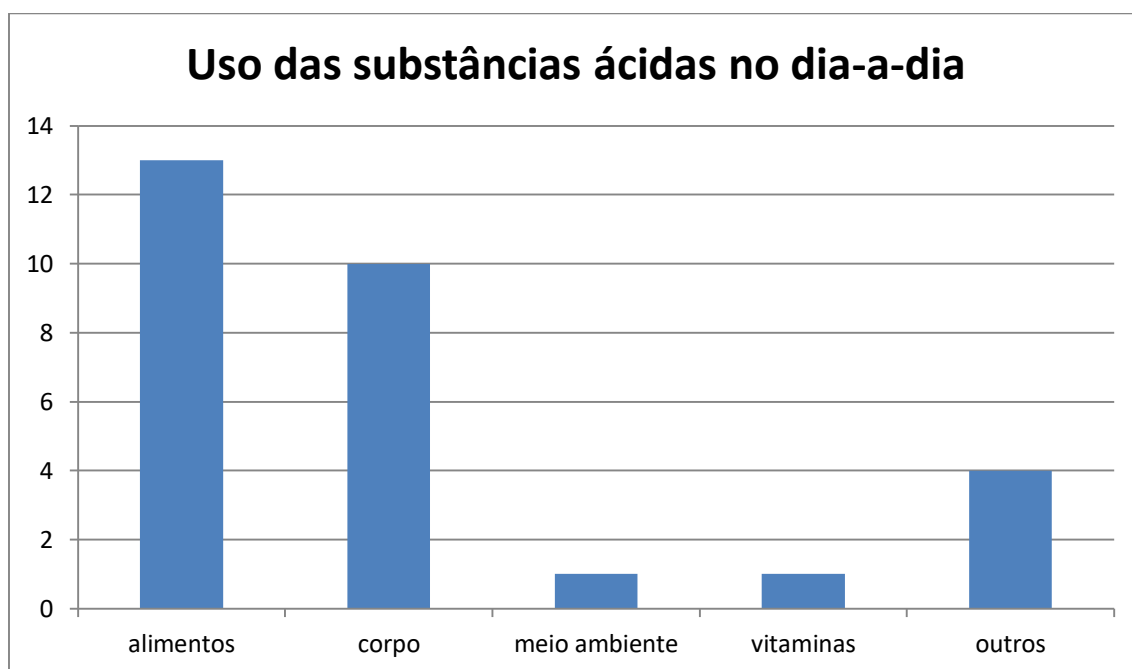
Foi solicitado na questão que discorressem acerca dos usos das substâncias Ácidas no cotidiano dos estudantes a fim de verificar se houve um conhecimento contextualizado desses conceitos. A questão foi a seguinte:

3) *Discorra acerca dos usos das substâncias ácidas no seu dia-a-dia.*

As respostas dos estudantes se apresentaram com exemplos de substâncias/soluções Ácidas que eles conhecem e que fazem parte do cotidiano deles. Algumas respostas apresentaram exemplos corretos de apenas substâncias/soluções Ácidas, e estas respostas foram classificadas como adequadas. Porém, algumas respostas apresentaram outras substâncias/soluções que não são classificadas como Ácidas, sendo assim, estas respostas foram classificadas como parcial, por terem conceitos certos e errôneos na resposta. Já as que apresentaram exemplos errôneos foram classificadas como inadequadas.

Das respostas apresentadas, a categoria que recebeu mais conceitos que exemplificam os Ácidos foi a de *Alimentação*, conceito esse que também foi o mais citado no QI. As outras categorias conceituais apresentadas pelas estudantes foram: *corpo, meio ambiente, vitaminas e outros*.

Figura 30 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

As respostas dos estudantes para a questão no QF apresentam um número maior de exemplos de substâncias/soluções ácidas presentes no cotidiano dos participantes. Muitos dos exemplos apresentados são substâncias que estão presentes nos OA utilizados pelos participantes, o que mostra uma ampliação de conhecimento em saber especificar essa característica química, pois em geral tratam de substâncias e soluções corriqueiras, mas que antes do uso do OA os estudantes não exemplificaram por não saberem categorizar quimicamente. Exemplos de respostas:

Sujeito A1: “Quando bebemos suco de laranja ou tomamos aquele café da tarde. Encontramos também no vômito ou naquele refrigerante geladinho. Até a chuva pode ser ácida.”

Sujeito D1: “Suco de frutas cítricas, vômito, ácido de bateria, refrigerante, vinagre.”

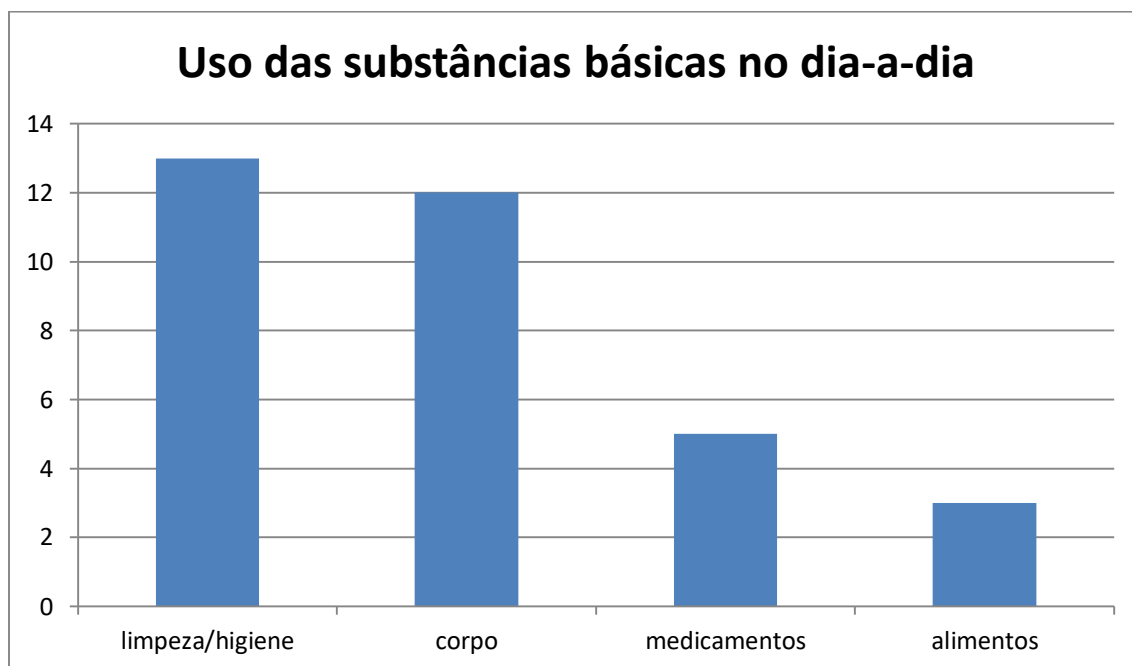
4.5.1.4. Discussão dos resultados para a Questão 4

Nesta questão foi solicitado que os participantes dissertassem acerca do uso de Bases no cotidiano deles. A questão foi a seguinte:

4) Discorra acerca dos usos das substâncias básicas no seu dia-a-dia.

Nas respostas os estudantes exemplificaram substâncias/soluções alcalinas presentes no cotidiano deles. As respostas geraram as seguintes categorias conceituais: *Limpeza/Higiene, Corpo, Medicamento, Alimentos.*

Figura 31 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se uma considerável evolução no aprendizado desse conteúdo específico se feito uma comparação com as respostas apresentadas no QI. Inicialmente os estudantes se limitaram a apresentar exemplos que se restringiam apenas ao conceito *limpeza/higiene*. Já desta vez, novos conceitos foram apresentados e muitos destes conceitos são exemplos que os estudantes tiveram durante o uso dos OA. Alguns exemplos de respostas apresentadas pelos participantes:

Sujeito II: “Podemos encontrar exemplos de bases em: sabão, detergente, sabonete, sangue, saliva, banana e caju.”

Sujeito M2: “Substâncias básicas produzidas no nosso corpo: saliva e sangue. Produtos de limpeza como sabão e sabonete.”

Ocorre aqui uma importante mudança em comparação à aplicação inicial do questionário. Enquanto que inicialmente havia um enfraquecimento na compreensão das espécies químicas alcalinas sobre as espécies ácidas, quando verificamos o Quadro 12 percebemos que o número de respostas consideradas adequadas é maior na questão referente às Bases que na questão referente aos Ácidos. Mostrando uma evolução na aprendizagem e superando a problemática proposta por Cross *et al.* (1986, 1988, apud

FIGUEIRA, 2010) que evidenciara uma maior difusão do conhecimento sobre Ácidos do que sobre as Bases.

4.5.2. Análise dos Questionários Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.

No Quadro 14 a seguir são apresentados os resultados das respostas dos participantes no QF que não tiveram contato em ano escolar anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases, o que sugere a não presença de subsunçores segundo a TAS. Também foram solicitados a externar os conhecimentos para definição das espécies químicas Ácidos-Bases e discorrer acerca do uso delas no cotidiano.

Quadro 14 - Respostas Questionário Final, participantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases em outro ano escolar.

Questão	Respostas	Análise das respostas				
		Quantidade	Tipo de resposta	Quantidade	Percentuais	
2. Conhecimento a cerca dos Ácidos	Sim	9	Adequada	9	100%	100%
			Inadequada	0	-	
	Não	0	-			-
3. Conhecimentos a cerca das Bases	Sim	0	Adequada	9	100%	100%
			Inadequada	0	-	
	Não	0	-			-
4. Relação Ácidos com o cotidiano	Sim	9	Adequada	5	55,55%	100%
			Parcial	4	44,45%	
			Inadequada	0	-	
	Não	0	-			-
5. Relação Bases com o cotidiano	Sim	9	Adequada	9	100%	100%
			Parcial	0	-	
			Inadequada	0	-	
	Não	0	-			-

Fonte: Autor (2019).

Verificou-se uma grande evolução no aprendizado dos estudantes, mesmo estes não tendo anteriormente contato com o conteúdo no EF, os mesmos apresentaram um considerável número de respostas adequadas, o que mostra uma eficiência no uso dos OA mesmo com estudantes que estão tendo um contato inicial com o conteúdo. O que

reforça a característica de que um OA atua criando pequenos componentes instrucionais auxiliando no processo de aprendizagem (WILEY, 2000).

Os OA em questão, no caso, o PhET, cumpre desta forma com sua característica de ação pedagogicamente, por permitir uma ação de aprendizagem mesmo de um conteúdo novo ou difícil e que o estudantes não possuem as informações no seu dia-a-dia (MOORE *et al.*, 2014).

4.5.2.1. Discussão dos resultados para a Questão 1

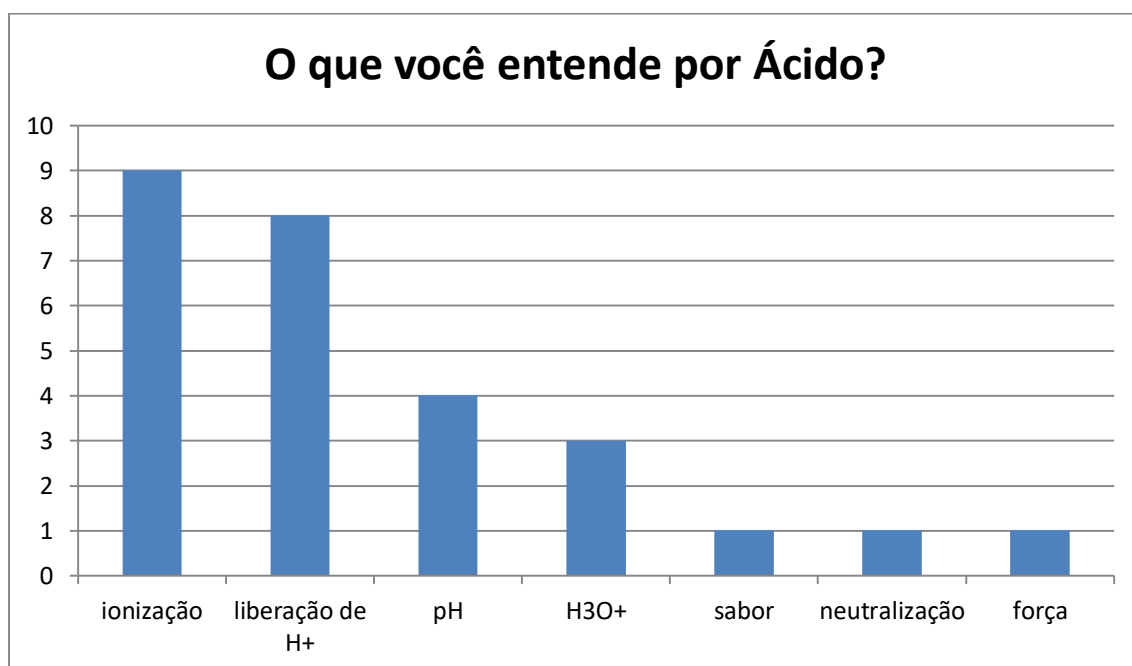
Na primeira questão do QF foi solicitado que os participantes dissertassem acerca dos conhecimentos que eles adquiriram da espécie química Ácido. A pergunta em questão foi a seguinte:

1) O que você entende por Ácido?

Verificou-se que todos os participantes do grupo que não tiveram contato com o conteúdo em ano escolar anterior apresentaram respostas adequadas para a questão. Enquanto que no QI o número de respostas consideradas como inadequadas foi maior, o que mostra uma grande evolução com o uso dos OA no ensino do conteúdo químico.

Das respostas apresentadas pelos estudantes e após uma análise de conteúdo, emergiram os seguintes conceitos para a definição de um Ácido: *Ionização, liberação de H^+ , pH, H_3O^+ , sabor, neutralização, força*. Como estão apresentados a seguir:

Figura 32 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Ao ser comparado com o QI, este grupo apresentou uma evolução conceitual ao apresentar 7 conceitos para categorizar a espécie química Ácido, quanto que no QI eles apresentaram apenas três conceitos, que foram pH, sabor e neutralização. Tal processo demonstra que a informação adquiriu relevância na estrutura de conhecimentos dos indivíduos. A estrutura cognitiva apresentou um maior número de conceitos com grau de relevância que foram internalizados pelo aprendiz e consolidadas a fim de formar subsunçores (MOREIRA, 2014).

Alguns exemplos de respostas para essa questão apresentadas pelos participantes:

Sujeito A2: “Substância que em meio aquoso ioniza liberando H⁺.”

Sujeito A3: “Corresponde a uma substância com pH abaixo de 7 que sofre ionização quando adicionado à água, liberando íons H⁺.”

Sujeito J2: “Ácidos são substâncias que quando se mistura com água se ioniza e libera H⁺, o ácido se neutraliza com a base.”

Percebe-se que também neste grupo houve uma preocupação de utilizar um embasamento teórico para classificar o que é um Ácido, mais específico, a teoria de Arrhenius. Teoria esta que não foi citada nenhuma vez nas respostas apresentadas no QI.

4.5.2.2. *Discussão dos resultados para a Questão 2*

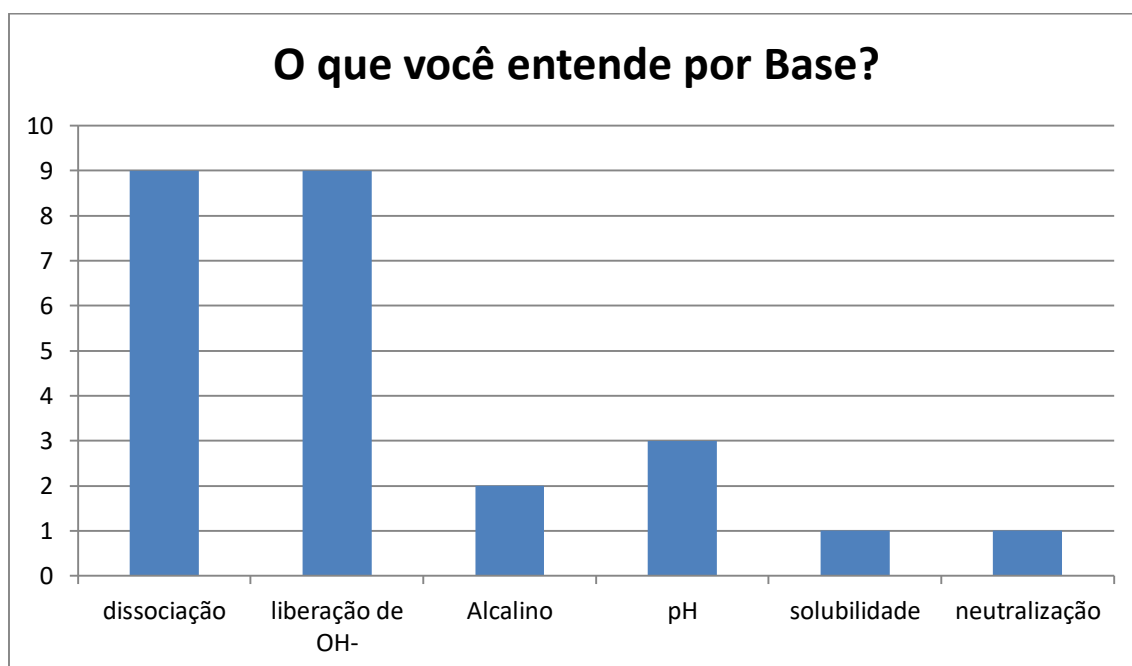
Na segunda questão do Questionário Final foi solicitado que os participantes dissertassem a cerca dos conhecimentos que eles adquiriram a cerca da espécie química Base. A pergunta em questão foi a seguinte:

2) *O que você entende por Base?*

Conforme indicado no Quadro 13, todos os participantes do grupo em questão apresentaram respostas consideradas como adequadas para a definição de uma Base. Em comparação com o QI, onde uma parte dos estudantes deste grupo não responderam a pergunta e os que responderam apresentou-se um número maior de respostas inadequadas. O que mostra uma relevante evolução no aprendizado destes participantes.

Após uma análise de conteúdo das respostas destes participantes, foram obtidas as seguintes categorias conceituais: *Dissociação, Liberação de OH⁻, Alcalino, pH, Solubilidade, Neutralização*. A quantidade de citações destes conceitos está apresentada a seguir:

Figura 33 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se também uma evolução nas categorias das respostas. Enquanto que no QI apenas foram apresentadas as categorias *pH*, *Neutralização* e *Alcalino*, aqui temos mais conceitos e com um número maior de citações. O que demonstra que as respostas apresentadas foram mais bem elaboradas e embasadas. Novamente aqui, a estrutura cognitiva apresentou um maior número de conceitos com grau de relevância que foram internalizados pelo aprendiz e consolidados a fim de formar subsunçores (MOREIRA, 2014).

Algumas das respostas apresentadas pelos estudantes deste grupo:

Sujeito A5: “É toda substância que em meio aquoso (água) sofre dissociação iônica, liberando OH⁻. Possui pH > 7. Classificada em monobases, dibases, tribases. Podem ser solúveis, pouco solúveis e insolúveis.”

Sujeito P: “Todas as substâncias que quando entra em um meio aquoso, ela entra em um processo de dissociação iônica liberando hidroxilas, que varia sua concentração com a basicidade.”

As respostas apresentam um ótimo embasamento teórico, no caso, a teoria de Arrhenius. Semelhante no que houve na questão anterior, os alunos no QI não apresentaram nenhuma teoria válida para embasar suas respostas. O que também se destaca como uma evolução na aprendizagem destes alunos.

4.5.2.3. *Discussão dos resultados para a Questão 3*

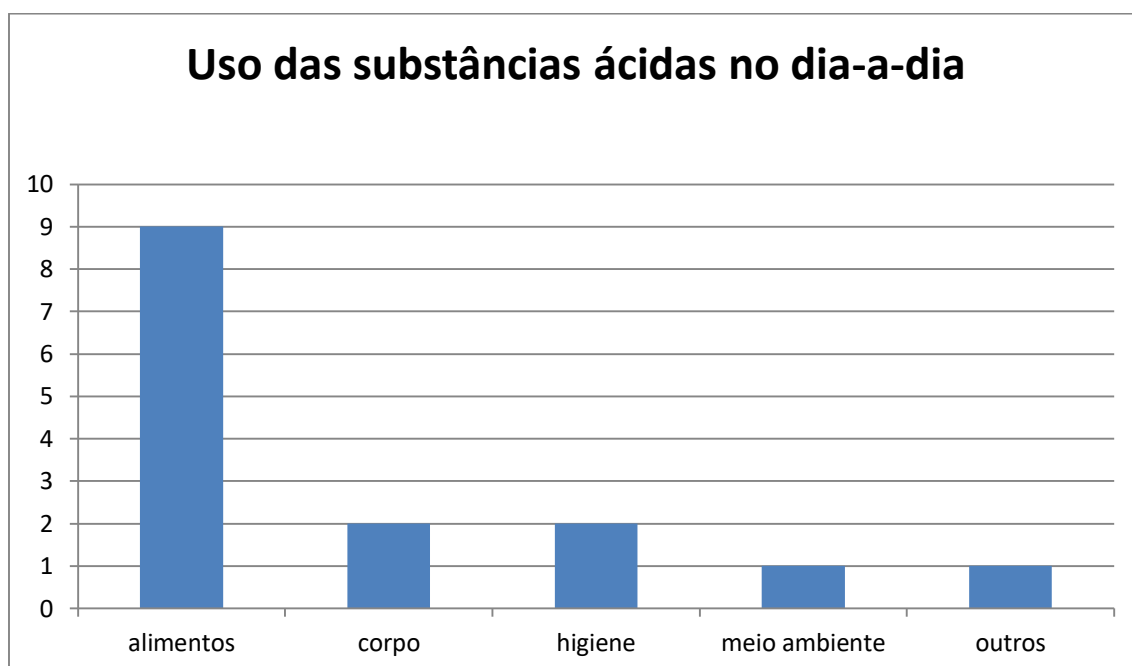
Na terceira questão do QF foi solicitado que os participantes discorressem sobre substâncias ácidas que eles encontram no cotidiano deles. A questão foi a seguinte:

3) *Discorra acerca dos usos das substâncias ácidas no seu dia-a-dia.*

A maioria dos estudantes apresentaram respostas consideradas como adequadas, pouco mais de 50%. O restante apresentaram respostas consideradas como parcial. Isto por que, todos os estudantes listaram exemplos de substâncias e soluções que eles consideram ácidas e que faz parte do cotidiano deles. Só que, semelhante ao que ocorreu no QI, alguns estudantes na sua lista de exemplos, apresentou um ou dois exemplos que não se enquadram na categoria Ácido, mas sim de um óxido ou sal. Mas mesmo assim as respostas não se tornam incompletas, muito por que nestas respostas que se enquadraram como parciais há muito mais exemplos corretos que incorretos.

Na análise de conteúdo das respostas foram obtidas as seguintes categorias conceituais: *Alimentos, Corpo, Higiene, Meio Ambiente, Outros*. Como apresentados a seguir:

Figura 34 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Os conceitos levantados nas respostas destes estudantes não se diferem das apresentadas no QI, se destaca apenas um pequeno aumento no número de citações nas respostas. A seguir são apresentadas algumas delas:

Sujeito A5: “vinagre, laranja, leite.”

Sujeito P: “vinagre, suco gástrico, café, refrigerante, leite, vômito, chuva, limão, laranja.”

Alguns dos exemplos citados pelos estudantes tratam de soluções utilizadas pelos participantes durante o uso dos OA.

4.5.2.4. Discussão dos resultados para a Questão 4

Nesta questão foi solicitado que os participantes dissertassem acerca do uso de Bases no cotidiano deles. A questão foi a seguinte:

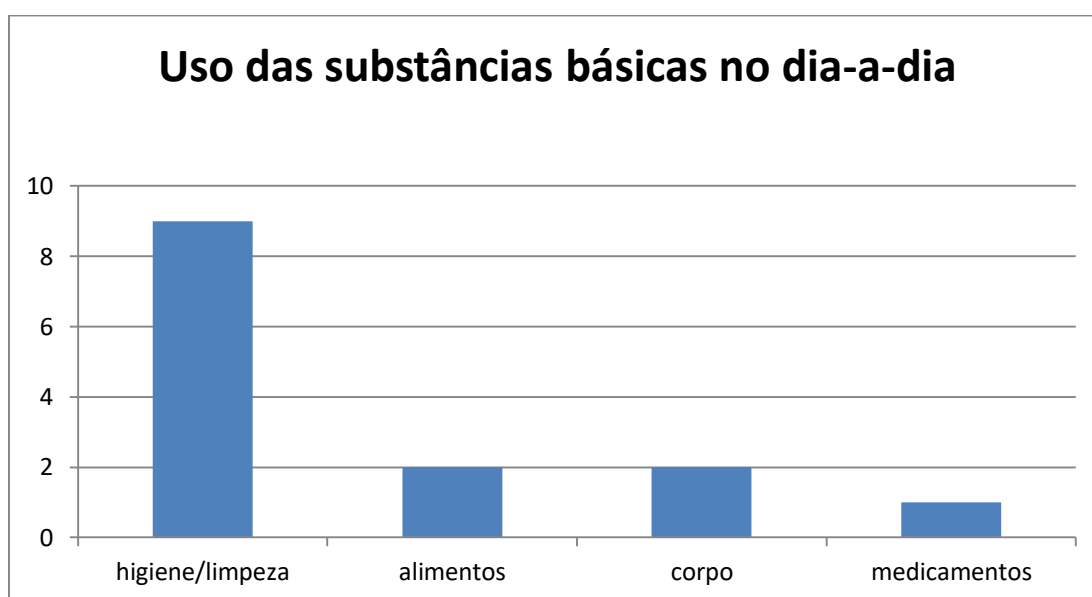
4) *Discorra acerca dos usos das substâncias básicas no seu dia-a-dia.*

Todos os participantes apresentaram exemplos corretos de substâncias e soluções alcalinas que estão presentes no cotidiano deles.

Nas respostas os estudantes exemplificaram substâncias/soluções alcalinas presentes no cotidiano deles. Todas as respostas foram classificadas como adequadas. O que se percebe novamente no QF uma evolução no conhecimento do entendimento da espécie Base sobre a Ácida. Enquanto que inicialmente havia um enfraquecimento na compreensão das espécies químicas alcalinas sobre as espécies Ácidas. Mostrando novamente uma evolução na aprendizagem e superando a problemática proposta por Cross *et al.* (1986, 1988, *apud* FIGUEIRA, 2010) que evidenciara uma maior difusão do conhecimento sobre Ácidos do que sobre as Bases.

As respostas geraram as seguintes categorias conceituais: *Limpeza/Higiene, Corpo, Medicamento, Alimentos*. Percebe-se aqui uma evolução em comparação ao QI, onde neste as respostas se limitaram apenas a dar exemplos de substâncias/soluções que fazem parte da categoria *Limpeza*. A seguir são apresentadas as categorias e a quantidade de citações destas nas respostas:

Figura 35 - levantamento dos conceitos das respostas adequadas



Fonte: Autor (2019).

Alguns exemplos de respostas apresentadas pelos participantes:

Sujeito J2: “Sangue, sabonete, saliva, detergente, pasta de dente, banana, caju.”

Sujeito R3: “Sabonete, leite, sangue.”

4.6. Análise dos Mapas Conceituais Finais

4.6.1. Análise dos MC Finais dos estudantes que já tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.

Abaixo é apresentado o Quadro 15 com a análise quantitativa das pontuações adquiridas por cada MC segundo o esquema de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984).

No início da pesquisa quando foi solicitado os MC iniciais deste grupo, participaram os seguintes sujeitos: A1, C1, C2, D1, I1, L1, L2, L3, M1, M2, M3, N, R1, R2, S1, S2 e V. Só que com o decorrer da aplicação da pesquisa nem todos estes estiveram presentes em todos os encontros. Os que participaram até o final e que serão considerados na comparação dos valores obtidos no esquema de pontuação foram os que estão apresentados no Quadro 15, são eles: A1, C2, D1, I1, L1, M1, M2, N, R1, R2, S1, S2 e V.

Quadro 15 - Pontuação dos MC Finais dos estudantes que tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

Participante	Critérios	Quantidade	Pontuação
Sujeito A1	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	9	18
	Ligações Cruzadas	2	20
	Exemplos	4	4
			Total: 51
Sujeito C2	Hierarquia	0	0
	Proposições	0	0
	Palavras de ligação	0	0
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	11	11
			Total: 11
Sujeito D1	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	13	26
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
			Total: 35
Sujeito I1	Hierarquia	4	20
	Proposições	9	9
	Palavras de ligação	13	26
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	0	0
			Total: 55
Sujeito L1	Hierarquia	1	5
	Proposições	7	7

	Palavras de ligação	8	16
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	0	0
Total: 28			
Sujeito M1	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	6	12
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	2	2
Total: 23			
Sujeito M2	Hierarquia	1	5
	Proposições	10	10
	Palavras de ligação	16	32
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 53			
Sujeito N	Hierarquia	1	5
	Proposições	9	9
	Palavras de ligação	17	34
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	9	9
Total: 67			
Sujeito R1	Hierarquia	1	5
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	12	24
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 37			
Sujeito R2	Hierarquia	1	5
	Proposições	5	5
	Palavras de ligação	10	20
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	7	7
Total: 47			
Sujeito S1	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	12	24
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 35			
Sujeito S2	Hierarquia	0	0
	Proposições	0	0
	Palavras de ligação	0	0
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	5	5
Total: 5			
Sujeito V	Hierarquia	0	0
	Proposições	7	7
	Palavras de ligação	7	14
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 27			

Fonte: Autor (2019).

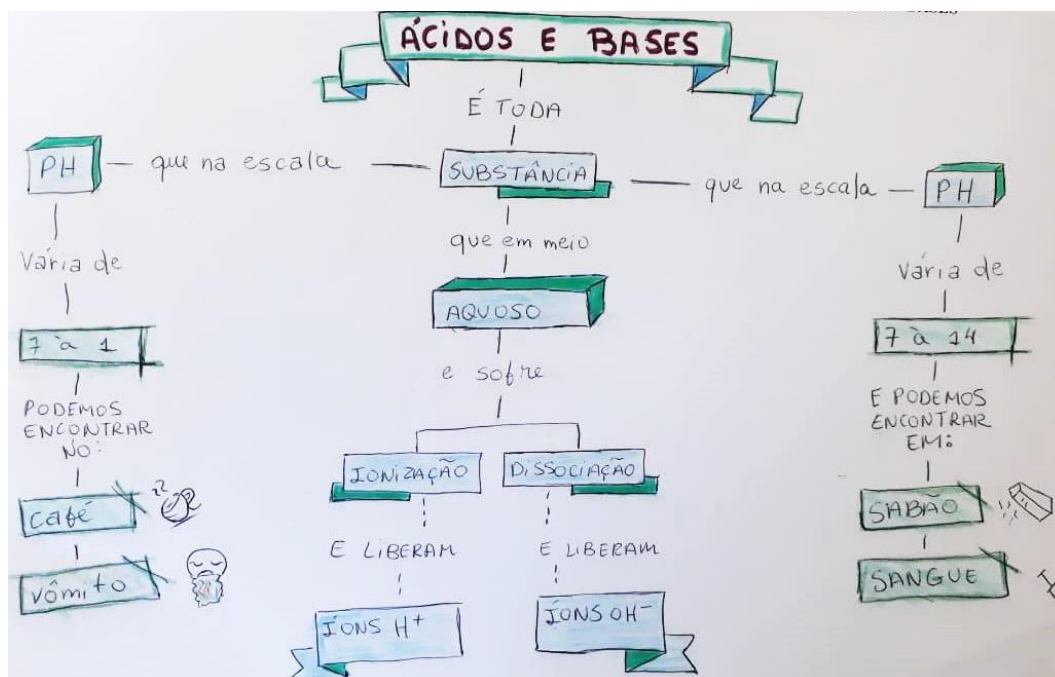
Na pontuação dos MC Iniciais estes participantes obtiveram um somatório de pontuação igual a 351. Enquanto que nos MC Finais a pontuação total de todos estes

participantes ficou igual a 464. Desta forma, considerando o esquema de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984) houve uma evolução no processo de aprendizagem dos estudantes deste grupo. E considerando que o uso de MC é uma eficaz ferramenta capaz de promover e avaliar uma AS (MOREIRA, 2010), podendo-se constatar que houve sim uma evolução no processo de aquisição do conteúdo. Tal conteúdo passou por uma interação com os conhecimentos antigos que já haviam nos subsunçores destes estudantes, que foram evoluídos e passados para um patamar mais alto e que possibilitou uma ampliação de novos conhecimentos (FREZZA; MARQUES, 2009).

Os MC apresentaram boa evolução em apresentarem mais conceitos e formularem proposições válidas com boa quantidade de palavras de ligação demonstrando hierarquicamente o conteúdo seguindo os princípios da AS (NOVAK; GOWIN, 1984).

O MC do sujeito A1, que é apresentado a seguir na Figura 36, apresenta hierarquia, uma vez que possui no topo o tema principal do conteúdo e a partir dele vão surgindo novos conceitos interligados por palavras de ligação.

Figura 36 - MC Final elaborado pelo sujeito A1



Fonte: Autor (2019).

O estudante apresentou em seu mapa as seguintes proposições:

“Ácido é toda substância que em meio aquoso sofre ionização e liberam íons H^+ ”.

“Base é toda substância que em meio aquoso sofre dissociação e liberam íons OH^- ”.

“Ácido é toda substância que na escala pH varia de 7 à 1”.

“Base é toda substância que na escala pH varia de 7 à 14”.

O MC também apresenta um cruzamento a partir dos conceitos “substância” e “aquoso”, que servem de conceitos bases para propagar conceitos referentes aos Ácidos e às Bases. Essa ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa na percepção de um elo conceitual entre dois segmentos do mapa (NOVAK; GOWIN, 1984).

O mapa também apresentam exemplos válidos e outro destaque é o uso de cores pelo estudante na elaboração. Segundo Aguiar (2018) a adição de cores diminui o esforço mental para compreender o conteúdo do MC quando comparado aos MC análogos sem cor.

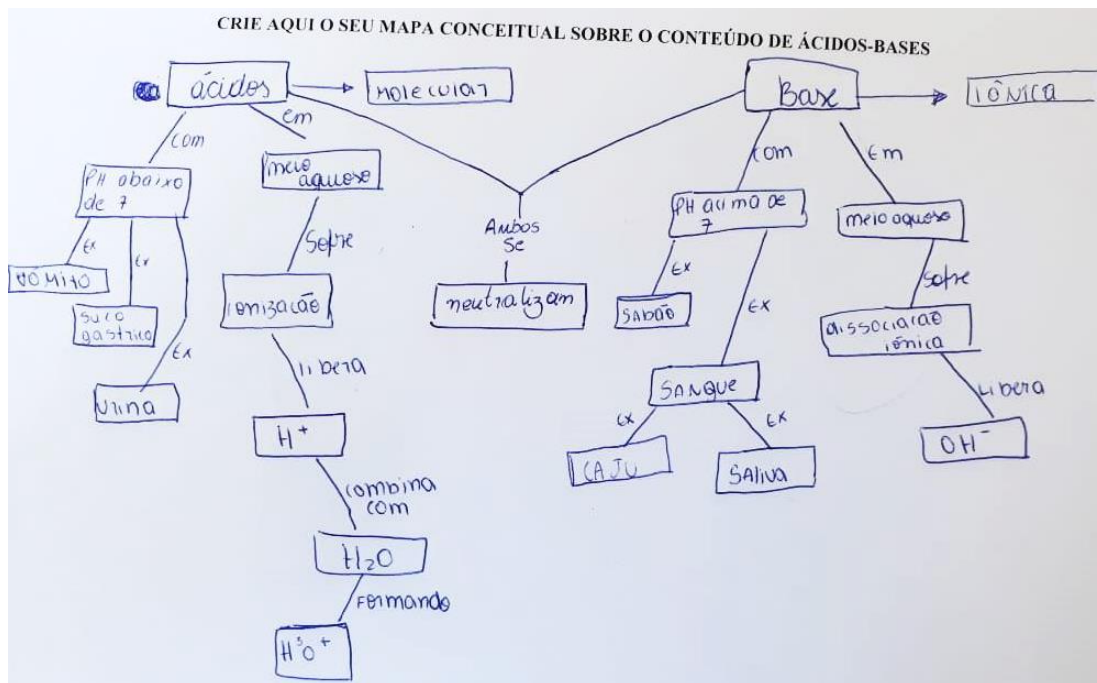
Nota-se que houve uma melhora na pontuação do sujeito A1, quando sua pontuação passou de 34 no MC Inicial para 51 no MC Final uma vez que apresentou um número maior de conceitos válidos na definição das espécies químicas, além de apresentar proposições mais ricas e completas com o uso de palavras de ligação. No MC Inicial o sujeito se limitou a explicar apenas através da escala de pH. Já no MC Final ele não só explanou sobre a escala, como também apresentou a teoria de Arrhenius para a definição de Ácidos-Bases.

Desta forma, percebe-se que o aprendiz em seu processo de inter-relação entre o saber novo com o já existente construiu seu conhecimento, deixando-o mais elaborado em sua estrutura cognitiva, demonstrando aqui que o estudante não é um ser passivo no processo de ensino e aprendizagem (MILITÃO, 2015).

O MC Final do sujeito R2 (Figura 37) também apresentou evolução em sua pontuação. Enquanto que no início da aplicação da pesquisa sua pontuação foi de 33, no seu MC Final a pontuação subiu para 47. Isto em decorrência de que o participante soube fazer uma correta interligação dos seus conceitos definidores com o uso de

palavras de ligação. Para Silva (2015), as palavras de ligação têm funções estruturantes e exercem papel fundamental na representação de uma relação entre dois conceitos.

Figura 37 - MC Final elaborado pelo sujeito R2



Fonte: Autor (2019).

Inicialmente o sujeito R2 não soube apresentar ligações verbais entre os conceitos apresentados em seu MC, fator este que foi corrigido quando apresentado o MC Final. Tal mudança é importante, pois quando a informação é oferecida de forma verbal e visual, facilita a construção de conexões na estrutura cognitiva, desta forma, facilitando o resgate da informação que apresenta uma relação dual entre conceitos (TAVARES, 2007).

De modo geral, os MC Finais demonstraram uma grande evolução na AS dos participantes da pesquisa após o uso dos OA. Os estudantes apresentaram um número maior de conceitos que definem características sobre Ácidos-Bases, além de apresentar corretas relações verbais na construção de proposições. Os MC Finais se mostraram mais ricos também por abordarem a teoria de Arrhenius para a definição de Ácidos-Bases.

Além do que, os participantes puderam também apresentar peculiaridades de entendimento que podem ser utilizadas para debates numa possibilidade de reestruturação cooperativa (TAVARES, 2007).

4.6.2. Análise dos MC Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental.

Aqui serão apresentadas as análises dos MC Finais do grupo de estudantes que não tiveram contato com o conteúdo químico de Ácidos-Bases no EF e que subtendia-se que não apresentariam subsunçores formados na estrutura cognitiva destes estudantes.

No início de aplicação da pesquisa, este grupo era composto por 15 estudantes, que eram eles: A2, A3, A4, A5, C3, D2, E, H, I2, J2, K, L4, L5, P, R3. Destes estudantes, que participaram de todas as etapas da pesquisa, fazendo uso dos OA, realizando atividades e apresentando os QF e MC Finais, ficaram um total de 9 participantes. Os quais são os seguintes: A2, A3, A4, A5, H, J2, K, P, R3.

O Quadro 16 a seguir apresenta a análise quantitativa das pontuações adquiridas por cada MC segundo o esquema de pontuação proposto por Novak e Gowin (1984).

Quadro 16 - Pontuação dos MC Finais dos estudantes que não tiveram contato com o conteúdo de Ácidos-Bases no Ensino Fundamental

Participante	Critérios	Quantidade	Pontuação
Sujeito A2	Hierarquia	0	0
	Proposições	2	2
	Palavras de ligação	12	24
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 32			
Sujeito A3	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	8	16
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	0	0
Total: 25			
Sujeito A4	Hierarquia	1	5
	Proposições	7	7
	Palavras de ligação	8	16
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	0	0
Total: 38			
Sujeito A5	Hierarquia	1	5
	Proposições	7	7
	Palavras de ligação	22	44
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	4	4
Total: 60			
Sujeito H	Hierarquia	1	5
	Proposições	11	11
	Palavras de ligação	27	54
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	0	0
Total: 70			

Sujeito J2	Hierarquia	1	5
	Proposições	4	4
	Palavras de ligação	12	24
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	6	6
Total: 39			
Sujeito K	Hierarquia	1	5
	Proposições	7	7
	Palavras de ligação	21	42
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	4	4
Total: 58			
Sujeito P	Hierarquia	1	5
	Proposições	8	8
	Palavras de ligação	7	14
	Ligações Cruzadas	1	10
	Exemplos	6	6
Total: 43			
Sujeito R3	Hierarquia	1	5
	Proposições	3	3
	Palavras de ligação	11	22
	Ligações Cruzadas	0	0
	Exemplos	0	0
Total: 30			

Fonte: Autor (2019).

Considerando apenas os MC Iniciais apenas destes nove participantes que compareceram a todas as etapas da aplicação da pesquisa, a média dos resultados dos MC deu um valor de 28 pontos. Nos MC Finais essa média passou ao valor de aproximadamente 43,8 pontos. Já se percebe aqui uma importante evolução no que diz respeito ao conhecimento apresentado pelos estudantes através do uso dos MC.

Considerando que os MC servem como modelos para ajudar a organizar o conhecimento e estrutura-lo aplicando padrões de modo significativo (SILVA, 2015). Conclui-se que houve um relevante progresso no processo de aquisição do conhecimento após o uso dos OA neste grupo, mesmo os mesmos não tendo anteriormente contato com o conteúdo. Demonstra-se aqui que há uma formação estrutural no cognitivo destes estudantes com relação com conteúdo de Ácidos-Bases, revelando que os OA são instrumentos potencialmente significativos mesmo com estudantes que não possuem necessariamente subsunçores formados em suas estruturas cognitivas.

Figura 38 - MC Final elaborado pelo sujeito A5



Percebe-se que o participante apresentou um grande número de conceitos em seu MC para formar proposições verbais válidas através do uso de palavras de ligação. Aqui já podemos perceber uma importante evolução em comparação com o MC Inicial deste participante. Enquanto que inicialmente ele se restringiu a um pequeno número de conceitos que se restringiam apenas a escala de pH, corrosão e sabor. No MC Final o estudante apresentou conceitos mais amplos sobre pH, ionização, liberação de H^+ e OH^- , força, classificação, além de citar a teoria de Arrhenius em sua estrutura visual.

Desta forma, pode-se concluir que houve uma considerável evolução na apresentação dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes durante a elaboração dos MC. Os OA funcionaram positivamente como instrumentos potencialmente significativos servindo como organizadores prévios que facilitaram a introdução do assunto a ser aprendido. Para Moreira (2012), estes organizadores prévios tornam o vínculo entre aquilo que o estudante sabe e aquilo que ele saberá através de sua aprendizagem, facilitando-a.

4.7. Análise de percepções discentes sobre o uso de Objetos de Aprendizagem

Nesta seção, são apresentados os resultados sobre as percepções dos estudantes referentes às experiências vivenciadas sobre o uso de OA. Esses dados foram coletados por meio de questionários, os quais foram respondidos pelos participantes no final da pesquisa. Neste questionário foi solicitado que os participantes discorressem os pontos positivos e negativos do uso de OA levando em consideração a experiência vivida durante a aplicação da pesquisa.

4.7.1. Percepções positivas referentes ao uso de OA

A seguir é apresentada uma textualização das respostas apresentadas pelos participantes:

“Os OA utilizadas nas aulas de Química tornaram as aulas mais dinâmicas e extrovertidas. Facilitaram o entendimento do conteúdo transmitido, pois conseguiu demonstrar de vários modos o mesmo conteúdo. Com os OA do conteúdo de Ácidos-Bases foi possível realizar experimentos variados ajudando na visualização pela interação, pois possibilita um “contato” com as substâncias. Os mecanismos de utilização são de fácil interpretação com um visual colorido e dinâmico tornando atrativo o processo de aprendizagem.”.

O indicativo verificado de que o uso dos OA possibilita despertar o interesse dos estudantes pela aprendizagem corrobora resultados disponíveis na literatura, tais como Spinelli (2007), pois funcionam como elementos facilitadores do processo de ensino e aprendizagem (CARNEIRO; SILVEIRA, 2014).

Sobre a característica de facilitar o processo de aprendizagem pela interação, que possibilitou um contato com as substâncias. Tal característica corrobora para as condições definidas por Silveira e Carneiro (2012) que diz que umas das condições para um recurso educacional ser considerado um OA é de proporcionar que o usuário possa interagir, executando ações com o objeto.

O indício de que o OA é de fácil interpretação confirma as condições de propiciar orientações claras além de oferecer auxílio ao usuário via interface e via instruções facilmente acessíveis (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).

4.7.2. Percepções negativas referentes ao uso de OA

Também foi realizada uma textualização das respostas apresentadas pelos participantes, apresentado a seguir:

“Como aspectos negativos ao uso dos OA deve-se considerar que algumas pessoas têm dificuldades no uso de computadores. O software utilizado requer algumas atualizações que possam ampliar os exemplos de substâncias para as simulações.”.

Sobre a dificuldade na utilização de computadores esse aspecto é importante e retrata, em parte, a realidade de alguns estudantes.

Vale destacar que a maioria dos estudantes não respondeu esta questão, pois consideraram que não havia pontos negativos a se destacar do uso dos OA durante a realização da pesquisa. Tal característica demonstra que os estudantes identificaram muito mais aspectos positivos que negativos.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de analisar o emprego de OA como instrumentos potencialmente significativos no ensino de Ácidos-Bases no EM, propostos nas tarefas elaboradas e desenvolvidas a partir de pressupostos da TAS.

De modo geral, a análise qualitativa dos dados relativos aos conhecimentos prévios dos estudantes, os quais foram divididos em dois grupos, os que já haviam tido contato anterior com o conteúdo de Ácidos-Bases no EF e os que não tiveram contato com o conteúdo, revelou que as lembranças dos estudantes são poucas acerca dos conceitos e usos sobre Ácidos-Bases. O grupo dos estudantes que não haviam tido contato com este conteúdo em ano escolar anterior se mostrou bastante fragilizado

apresentando um maior número de respostas em branco e respostas com muitas limitações de conceitos.

Os resultados dos conhecimentos prévios indicou, também, que muitos dos estudantes obtiveram este conhecimento anterior de forma mecânica e não significativa, visto que, muitos conceitos não estavam presentes na memória permanente da maioria dos participantes, mas em uma memória temporária e que foram esquecidos posteriormente à aquisição do conhecimento.

Pode-se constatar também que os conteúdos de Química não são abordados de forma mais ampla no EF, mesmo que alguns conteúdos químicos façam parte do currículo. Em decorrência disto muitos dos estudantes ingressam no EM com conhecimentos vagos e dificuldades no tocante a Química. Com relação aos conhecimentos específicos sobre Ácidos-Bases verificou-se que muitos dos alunos não apresentaram nenhuma definição teórica para a definição de Ácido, nem mesmo a teoria de Arrhenius. O que demonstra que os estudantes deixam de relacionar os Ácidos às suas características microscópicas e passam a usar mais de conceitos macroscópicos, e com limitação de conceitos.

Em vista disto, é importante considerar metodologias diferenciadas no modo de ensinar conteúdos que possam favorecer uma AS. Para tanto, o uso de OA se mostram como ferramentas metodológicas que podem facilitar o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos que muitas vezes são ministrados de forma limitada a métodos tradicionais. A proposta que se faz nesta pesquisa é promover o uso de OA como um dispositivo potencialmente significativo que colabore no encadeamento de uma recepção significativa de conteúdos ministrados em sala de aula.

Costumeiramente, o processo de aprendizagem por recepção significativa decorre à medida que o objeto formativo é potencialmente significativo e este favorece que o tópico a ser aprendido entre no campo cognitivo do aprendiz, interagindo e ancorando de forma oportuna.

É fundamental repensar formas e métodos de ensino nas quais os aprendizes possam ser reflexivos e mais ativos no decurso do processo de ensino e aprendizagem de diversos conceitos. Tais métodos devem instigar os estudantes a pensar, discutir hipóteses tendo em vista a forma como é executado e assim chegar às suas próprias conclusões. O uso de OA se apresenta como um recurso digital que auxilia na aprendizagem destes conceitos e, ao mesmo tempo, estimula o progresso de criatividade

que motiva o aprendiz a raciocinar e relacionar tais conceitos de forma relevante na estrutura cognitiva.

O processo de Ensino de Química é desafiador, pois carrega um histórico de dogmatismo e conservadorismo no magistério. No tocante ao conteúdo de Ácidos-Bases no EM, o professor deve estimular o estudante a possuir uma profunda compreensão a cerca de conhecimentos em níveis macroscópicos, microscópicos, simbólicos e algébricos. Para tanto, o uso de recursos tecnológicos, como OA, busca melhorar esse processo de ensino, diminuindo esse conservadorismo enraizado em salas de aula e que dificultam o processo de aprendizagem da Química nos seus mais diversos níveis de conhecimento.

Incorporar o uso de OA no espaço escolar não deve ser algo apenas instrumental. Seu uso deve se adequar ao objetivo maior que é o de promover uma AS, através de amplas possibilidades de ensino, desenvolvendo práticas pedagógicas que não sejam apenas transmissões, repetições e memorizações de conteúdos.

Durante o decorrer da pesquisa, nas atividades de aplicação dos OA, foi possível verificar que todos os participantes demonstraram bom desempenho na utilização dos simuladores, sem apresentarem muitas dúvidas em como manipulá-lo, confirmando as características de interatividade, *feedback* e orientação implícita, características do simulador PhET, do qual foram utilizados os OA na presente pesquisa.

Na resolução das atividades utilizando dos OA, em geral, os estudantes apresentaram respostas consideradas como adequadas. Tais questões tratavam da diferenciação de substâncias Ácidas e Básicas, de conceitos de ionização e dissociação iônica, pH, pOH, concentração, condutividade elétrica e diluição.

No entanto, verificou-se também, que nas atividades que envolveram resolução de problemas por cálculos de logaritmos, houve dificuldades. Diferente das outras atividades esta não foram obtidas as respostas esperadas. Apesar de depois verificar que tais operações matemáticas ainda não faziam parte dos conteúdos matemáticos para aquele ano. Verifica-se aqui a importância da intermediação por meio de interdisciplinaridades para que os estudantes possam compreender mais afundo tal nível algébrico de conhecimento químico.

De modo geral, conclui-se que o uso de OA, como o PhET, podem facilitar a compreensão dos saberes químicos e são um instrumento potencializador para a

ocorrência da AS. Essa é uma estratégia que pode ajudar o estudante a hierarquizar os conceitos assim como facilitar a compreensão dos assuntos abordados.

Em relação à identificação de conhecimentos finais, construídos ou ampliados, de modo geral, foi possível concluir que o uso de OA possibilitou a compreensão de conceitos não só para os estudantes que já haviam tido contato anterior com o conteúdo, como também com os que não haviam tido este contato. Pois ambos foram capazes de fazer uso adequado dos conceitos na resolução final proposta.

Os estudantes destacaram pontos positivos e negativos sobre a utilização de OA nas aulas de Química. Em relação aos aspectos destaca-se o dinamismo das aulas e facilidade na forma de apresentação do conteúdo que culminou em uma melhora no processo de cognição do conteúdo. Em relação aos aspectos negativos da proposta destacados pelos participantes, destacou-se que ainda existem algumas dificuldades por alguns dos participantes no manuseio de recursos de informática, mas vale ressaltar que poucos estudantes apresentaram pontos negativos sobre a utilização dos OA.

As expectativas quanto aos resultados dessa pesquisa foram alcançadas em relação ao recurso metodológico investigado. É possível afirmar que os estudantes que fizeram uso contínuo de tecnologias nas tarefas propostas conseguiram perceber os conceitos químicos tratados de modo mais amplo e significativo.

Ao término da pesquisa, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, pois com a execução da sequência didática elaboradas, foi possível perceber, pela observação e análise dos registros, a influência na aprendizagem devido ao uso continuado, ou pontual, de tecnologias digitais no ensino presencial de Ácidos-Bases, aplicadas a estudantes do EM.

Sabe-se que existem diferentes recursos habitualmente inseridos no cotidiano escolar, no entanto, por uma série de fatores, que quase sempre se relacionam com o processo de formação dos professores para lidar com essas tecnologias, falta de recursos para as escolas e até não conhecimento sobre a existência destes, eles não são usados, ou são utilizados sem aproveitar todas as potencialidades da ferramenta. Considerando esse cenário, faz-se necessário a capacitação e preparação dos professores para utilização de forma adequada das novas tecnologias, não como algo obrigatório ou

como um modismo, mas como um instrumento que auxilie no processo de aprendizagem e de aquisição de conhecimentos pelo aluno.

A pesquisa não se encerra, pois existem muitos outros caminhos que poderiam ter sido percorridos, tendo em vista a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem de Química através do uso de tecnologias. É importante considerar os desafios de se viver em uma sociedade do conhecimento, onde as informações são veiculadas com rapidez e a presença de recursos midiáticos na escola serve para contribuir na melhoria do processo de aprendizagem.

O trabalho pode auxiliar futuros professores e futuras pesquisas no meio acadêmico para corroborar no processo de ensino e aprendizagem em prol de uma AS através da utilização de OA como estratégia metodológica.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. da C. L.; EIRÃO, T. G.; MELO, J. H. M.; ASSUNÇÃO, J. da S.; LEITE, S. V. Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE): tratamento da informação em um repositório educacional digital. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 3, p. 148-158, 2011. Disponível em:

<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/1049> Acesso: 03 de dezembro de 2018.

AGUIAR, L. K. **Simulações interativas no Ensino de Química**: uma experiência sobre os estados de agregação da matéria. TCC (Especialização em Educação na Cultura Digital) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências da Educação. Departamento de Metodologia de Ensino. Educação na Cultura Digital, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/168988> Acesso: 05 de dezembro de 2018.

AGUIAR, J. G. de. **Mapas conceituais como material instrucional de Química**: estratégias que minimizam a desorientação do aluno e potencializam a aprendizagem de conceitos científicos. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), University of São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/T.81.2018.tde-16072018-135008. Acesso em: 2019-10-04.

ARIADNE. **Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe**. Disponível em: <https://www.ariadne-eu.org/> Acesso: 13 de outubro de 2018.

AUDINO, D.F; NASCIMENTO, R.S. Objetos de Aprendizagem : diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada a educação. **Revista Contemporânea de Educação**. v.05, n.10, jul/dez. 2010. Disponível em: http://www.educacao.ufrj.br/artigos/n10/objetos_de_aprendizagem.pdf Acesso: 05 de janeiro de 2018.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

_____. **Education alpsychology**: a cognitive view. New York, Holt, Rinehartand Winston, 1968

_____; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro – São Paulo: Edições 70, 2011.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução a teoria e aos métodos. Porto: Porto, 1994.

BRASIL. Química. In: **PCN+ Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, p. 87-110, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SESu, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SENTEC, 2000.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

BUFFA, E.; ARROYO, M.; NOSELLA, P. **Educação e cidadania**: quem educa o cidadão?. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1987.

BUNCE, D., GABEL, D., HERRON, J. D.; JONES, L. Report of the Task Force on Chemical Education Research of the American Chemical Society Division of Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, 71(10), 850, 1994.

BUZZETTO-MORE, N. A.; PINHEY, K. Guidelinesand Standards for theDevelopmentofFully On-line Learning Objects. **Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects**, p. 95-105, 2006.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; MARTÍNÉZ-TERRADES, I.. A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. **Revista portuguesa de educação**, v. 14, n.1, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/374/37414108/> Acesso: 28 de novembro de 2018.

CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na Educação a Distância. **Educar em Revista**, p. 235-260, 2014.

CHASSOT, A. I. **Para que(m) é útil o ensino?** 3. ed. Unijuí: Editora Unijuí, 2014.

COLL, C. **Aprendizagem escolar e construção do conhecimento**. 2ª impressão. Porto Alegre: Editora Artmed, 2002.

COSTA, H. R., SILVA, A. L. P., LIMA, J.de., & SOUZA, A. R. de. Equívocos no Desenvolvimento e/ou aplicação de Objetos de Aprendizagem no ensino de química: um relato de experiência. **Química nova escola**. Vol. 38, Nº 4, p. 334-341 - São Paulo, 2016

DALLABRIDA, N. A reforma Francisco Campos e a modernização nacionalizada do ensino secundário. **Educação**, v. 32, n. 2, 2009.

DA CRUZ, N. C. A.; JUNIOR, E. S. F. P. Uso do *software* “Construa uma molécula” na abordagem do tema isomeria. **Scientia Amazonia**, v. 5, n. 2, p. 68-71, 2016. Disponível em: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2016/09/v5-n2-68-71-2016.pdf> Acesso: 05 de dezembro de 2018.

DA SILVA, E. L.; CAFÉ, L.; CATAPAN, A. H. Os objetos educacionais, os metadados e os repositórios na sociedade da informação. **Ciência da Informação**, v. 39, n.3, 2010.

DOS SANTOS, C. V.; KLEIN, V.; BARIN, C. S. Objetos de aprendizagem em química e ciências: avaliando potencialidades e desafios. **Redin-Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 6, n. 1, 2017.

ESCÓRCIO, C. R. **Utilização do software PhET simulation como ferramenta de incremento no ensino do tema propriedade dos gases**. TCC (Graduação em Ciências Naturais) – Universidade Federal do Maranhão, Campus de São Bernardo, 2018. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/2408> Acesso: 05 de dezembro de 2018.

FABRE, M. C. J., TAMUSIUNAS, F., & TAROUÇO, L. M. R. Reusabilidade de objetos educacionais. **RENOTE**, 1(1), 2003.

FERNANDES, E. **David Ausubel e a aprendizagem significativa**. Nova Escola 2011. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa> Acesso: 10 de novembro de 2018.

FIGUEIRA, A. C. M. **Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

FILGUEIRAS, C. A. L. D. Pedro II e a Química. **Química Nova**, v. 11, n. 02, p. 210-214, 1988.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREZZA, J. S.; MARQUES, T. B. I. A evolução das estruturas cognitivas e o papel do senso comum. **Revista Schème**, Marília, v. 2, n. 3, 2009.

GIBIN, G. B. **Investigações sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 2009.

GUIZZO, M. A. R., PEREIRA, E. G., NICOLETE, P. C., KUYVEN, N. L., & BEHAR, P. A. Construção de Objetos de Aprendizagem para o Ensino de Química. *Química nova na escola*. São Paulo, SP. Vol. 41, n. 2 (maio 2019), p. 133-138, 2019.

HODGINS, H. W. The future of Learning Objects. Proceedings of the 2002 eTEE Conference. Davos, Switzerland – 76-82, agosto, 2002. Disponível em: <http://dc.engconfintl.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=etechnologies> Acesso: 17 de maio de 2018.

JOHNSON, L.F. **Elusive vision: Challenges impeding the learning object economy**. The New Media Consortium, 2003. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/182087/> Acesso 12 de outubro de 2018.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, N. J. **Educação**: projetos e valores. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

MACHADO, A. S. Uso de softwares educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no ensino de química. **Revista Química Nova na Escola**, 38(2), 104-111, 2015.

MACHADO, E. de C.; SÁ FILHO, C. S. O computador como agente transformador da educação e o papel do objeto de aprendizagem. 1º. *Seminário ABED de educação a distância*, 2003

MENDES, A.; SANTANA, G.; JÚNIOR, E. P. O uso do *software* PhET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 16, p. 52-60, 2017

MENDES, H. W. R. **Elaboração de uma unidade didática para o ensino de Química utilizando objetos de aprendizagem: uma construção colaborativa**. 2018. 127 f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MILARÉ, T.; MARCONDES, M. E. R.; REZENDE, D. D. B. Química no Ensino Fundamental: discutindo possíveis obstáculos através da análise de um caderno escolar. *Anais*. Brasília: Universidade de Brasília - Instituto de Química/Sociedade Brasileira de Química, 2010.

MILITÃO, E. P. Desenvolvimento de Aprendizagem Significativa nas Aulas de Físico-Química no Ensino Médio: Utilização de Mapas Conceituais e Kits Experimentais. Boa Vista-RR: UERR, 2015. Dissertação, Universidade Estadual de Roraima, 2015.

MIRANDA, R. M. de. **GROA**: um gerenciador de repositórios de objetos de aprendizagem. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

MOORE, E. B.; CHAMBERLAIN, J. M.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 8, p. 1191-1197, 2014.

MORAN, J. M. D. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Tecnologias Audio visuais e Telemáticas. In: BEREHNS, M.; MORAN, J. M.; MASETTO, M. T. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas: Papirus, p. 12, 2000.

MOREIRA, M. A.. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2014.

_____. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, 2013. Disponível em: http://www.cid.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf Acesso 11 de novembro de 2018.

_____. **Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Aprendizagem Significativa, a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, particularmente da área de ciências**. 1. ed. Porto Alegre, Brasil.

_____. O que é a final aprendizagem significativa? **Qurrriculum**, La Laguna, v. 25, p. 29-56, 2012.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos de Aplicação**. v. 11 (2), p. 143-156, 1998.

_____. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. Em Moreira, M. A., Caballero, M. C.; Rodriguez, M. L. (Org.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. p. 19-44, 1997.

_____; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MOTOYAMA, S. 500 anos de Ciência e Tecnologia no Brasil. **Revista Pesquisa FAPESP**, Edição especial, n. 52, 2000.

MUZIO, J.; HEIS, T.; MUNDELL, R. Experiences with reusable e learning objects: From Theory to Practice. 2001. In AUDINO, D. F.; NASCIMENTO, R da S.. Objetos de Aprendizagem – diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 5, n. 10, 2010. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/kalinke/gptem/grupos-de-pesquisa/pdf/2014/2014-2/objetos_de_aprendizagem.pdf Acesso: 12 de outubro de 2018.

NAKHLEH, M. B.; KRAJCIK, J. S. Influence of levels of information as presented by different Technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 10, p. 1077-1096, 1994.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano. Edições Técnicas. Tradução de Learning how to learn. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1984.

OLIVEIRA, V. G.; PORROZZI, R. Possibilidades e limitações da informática na educação. **Revista Práxis**, 1.1, 2009

OLIVEIRA, A. M de. **Concepções alternativas de estudantes do ensino médio sobre ácidos e bases**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

OLIVEIRA, F. M. F.; SILVA, E. L. da. Educação ambiental para o ensino de química: utilização dos objetos virtuais de aprendizagem. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, [S.l.], v. 2, ago. 2019.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I.; Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v.2, n. 1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PhET Interactive Simulation. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ Acesso: 20 de outubro de 2018.

PIEDADE, C.; GUIMARÃES, J. W. N.; MACEDO, V. B.; SANTANA, G. P. Abordagem de reações químicas: uso do simulador PhET. **Scientia Amazonia**, v. 5, n.2, p. 72-76, 2016.

PORTO, E. A. B.; KRUGER, V. Breve histórico do ensino de química no Brasil. In: **Encontro de Debates Sobre o Ensino de Química**, 33, [S.l.], 2013, Anais... [S.l.]: UNIJUÍ, 2013. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2641> Acesso: 23 de outubro de 2018.

POLSANI, P. R. Use and abuse of reusable learning objects. **Journal of Digital information**, v. 3, n. 4, 2003. Disponível em:

<https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/view/89/88> Acesso: 12 de outubro de 2018.

RIBEIRO, M. A. P. **Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia do ensino.** (Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa), Lisboa. Recuperado de http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/12152/1/ulsd069011_td_tese.pdf Lisboa, 2014. Acesso: 12 de março de 2018.

SAMPAIO, R. L.; SOUZA, A. C. Objetos Digitais de Aprendizagem: Uma ferramenta auxiliar no processo de ensino-aprendizagem da disciplina Informática Básica. In **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. João Pessoa, 2007.

SANTOS, W. L. P. dos. **O ensino de química para formar o cidadão:** principais características e condições para a implantação na escola secundária brasileira. Unicamp, Campinas, 1992.

SANTOS, N. P. Laboratório Químico Prático do Rio de Janeiro: Primeira Tentativa de Difusão da Química no Brasil. **Química Nova**, v. 27, n. 02, p. 342-348, 2004.

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

SCHNETZLER, R. P. Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: Um processo e um desafio para a formação de professores de Química. **Caderno Anped**, Belo Horizonte, n. 6, 1994.

_____. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química nova**, v. 25. supl 1, p. 14-24, 2002.

_____; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de química. **Química Nova na escola**, 1(1), 1995

SILVA, A. P. da; SANTOS, N. P. dos; AFONSO, J. C. A criação do curso de engenharia química na Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 881-888, 2006.

SILVA, L. de S. **Objetos de aprendizagem:** uma ferramenta pedagógica no processo de ensino aprendizagem do conteúdo de estequiometria na disciplina de química no ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Semi-Árido, 2018.

SILVA, R. M. G. da; FERNANDEZ, M. A. **Recursos informáticos projetados para o ensino de ciências: bases epistemológicas implicadas na construção e desenvolvimento de objetos de aprendizagem.** In: **Objetos de aprendizagem:** uma proposta de recurso pedagógico. PRATA, C. L.; DE NASCIMENTO, A. C. A.; (Org.) Brasília, MEC, SEED, p. 27-37, 2007.

SILVA, E. C. da. Mapas conceituais: propostas de aprendizagem e avaliação. **Administração: Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v. 16, n. 4, p. 785-815, dez. 2015.

SILVA, M. P. da. **A elaboração de objeto de aprendizagem para o ensino de Química**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Informática) - Universidade do Estado do Amazonas – Itacoatiara, 2017.

SILVA, E. K. S. D. (2016). **O uso de objetos virtuais de aprendizagem no ensino de cinética química**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande – Cajazeiras, 2016.

SILVEIRA, M. S.; CARNEIRO, M. L. F. Diretrizes para a avaliação da usabilidade de objetos de aprendizagem. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Rio de Janeiro, Brasil, nov. 2012.

SIQUEIRA, F.; FILHO, O. S.; CIRINO, M. M. Utilização e avaliação de *software* educacional para ensino de equilíbrio químico. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 88-105, 2018.

SMITH, W. F. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: McGraw-Hill, 1998.

SPINELLI, W. **Os objetos virtuais de aprendizagem**: ação, criação e conhecimento. Aprendizagem Matemática em Contextos Significativos: Objetos Virtuais de aprendizagem e Percursos Temáticos. São Paulo – Faculdade de Educação da USP, 2007.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciênc. cogn.**, Rio de Janeiro , v. 12, p. 72-85, nov. 2007

TAVARES, L. C.; MÜLLER, R. C. S.; FERNANDES, A. C. O uso de mapas conceituais como ferramenta metacognitiva no Ensino de Química. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [S.l.], v. 14, n. 29, p. 63-78, jul. 2018. ISSN 2317-5125. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/5561>>. Acesso em: 05 out. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5561>.

TEIXEIRA, A. C. BRANDÃO, E. J. R. *Software educacional: o difícil começo*. In: Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação, Porto Alegre, 2003

VALADARES, J. A Teoria da Aprendizagem Significativa como Teoria Construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista** (Meaningful Learning Review). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 1, n. 1, p. 36-57, jan./abr., 2011.

VALDEZ, D. G. **Uso didáctico de PhET Simulaciones Interactivas, para la comprensión de los estados de la matéria em la Ciencia Físico-Química**. Bachelor's Thesis - Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Resistencia Licenciatura em Tecnología Educativa, 2017. Disponível em:

http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1836/LTE_Valdez%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso: 06 de dezembro de 2018.

VEZÚ, C. O.; CIRINO, M. M. Utilização e avaliação de recursos digitais na elaboração conceitual sobre solubilidade de sais. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 31-42, jan./jun. 2017.

WILEY, D. A. **Learning Object Design and Sequencing Theory** - Dissertation Submitted to the Faculty of Brigham Young University in Partial fulfillment to the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Brigham, junho 2000. Disponível em: <http://www.opencontent.org/docs/dissertation.pdf> Acesso: 13 de outubro de 2018.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (Org.). **Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. 2. ed. Brasília: UNESCO/Instituto Sangari, p. 194, 2009

YAGER, R. E.; PENICK, J. E. Analysis of the current problems with school science in the United States of America. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 4, p. 463-469, 1983.

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, 2015.

APÊNDICE A - TERMO DE ANUÊNCIA**Governo do Estado do Ceará****Secretaria de Educação Básica do Estado do Ceará – SEDUC****EEEP Professor Onélio Porto****TERMO DE ANUÊNCIA**

Eu, Leila Maria Frota Barros, diretora da EEEP Professor Onélio Porto, informo que estou ciente e de acordo com o projeto de pesquisa “Concentração de Soluções no Ensino Médio: o uso de atividades experimentais para uma aprendizagem significativa” sob a responsabilidade do professor Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra, discente do mestrado do Programa de Pós-Graduação do Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e professor efetivo da rede estadual de educação do Estado do Ceará. Diante do exposto autorizo a execução do projeto e a publicação dos resultados de acordo com as normas do Conselho de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

De acordo,

Leila Maria Frota Barros
Matrícula: 160237-1-X
Diretor Escolar
DOE. 10.05.2016

Fortaleza - CE, xx de xxxxx de 2019.



APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – IFCEPRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PGECM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Seu filho (a), regularmente matriculado no 1º ano do Ensino Médio do turno integral, da EEEPProfessor Onélio Porto, está sendo convidado(a) a participar, como voluntário, de uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar que seu filho faça parte do estudo, assine ao final deste documento. Em caso de recusa ou desistência, nem você nem seu filho(a) serão penalizados. Em caso de dúvida você pode procurar o professor responsável pelo projeto Prof. Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra pelo telefone (85)986668673 ou pessoalmente na EEEP Professor Onélio Porto junto ao Núcleo Gestor nos turnos matutino e vespertino para maiores informações sobre a pesquisa.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do Projeto: Uso de objetos de aprendizagem como instrumentos potencialmente significativos no ensino de ácidos-bases na perspectiva da aprendizagem significativa

Professor Responsável: Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra

Telefone para contato: (85) 986668673

Descrição: A proposta consiste na busca por melhorias no Ensino de Ciências, a partir da inserção do uso de Objetos de Aprendizagem na perspectiva investigativa no contexto escolar. Propõe-se, portanto, a análise de dados a partir de aulas que serão ministradas com os estudantes do 1º ano do Ensino Médio do turno integral, da EEEP Professor Onélio Porto. A pesquisa tem por objetivo geral utilizar os Objetos de Aprendizagem, para uma aprendizagem significativa no estudo de Ácidos-Bases pelos estudantes do 1º ano do Ensino Médio. Para tanto serão ministradas aulas segundo uma perspectiva investigativa com o tema gerador Ácidos-Bases.

O professor se compromete com o bom andamento da pesquisa e com o cumprimento de suas responsabilidades em zelar pela integridade e bem estar dos sujeitos da pesquisa. Nenhum estudante será prejudicado no andamento regular do ano letivo, de forma que seu desenvolvimento e todo o processo de ensino e aprendizagem ocorrerá normalmente, independente de sua participação ou não nessa pesquisa. A pesquisa será acompanhada procurando estar de acordo com as exigências éticas em pesquisa envolvendo seres humanos.

Os dados coletados e os resultados da pesquisa serão divulgados na dissertação de mestrado do professor e em artigos que compartilhem as conclusões obtidas neste estudo. A intervenção desta pesquisa será feita no segundo bimestre, no período de agosto a setembro de 2016.

Eu, Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra, comprometo-me a honrar com o exposto acima.

Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____

_____, RG _____ CPF _____, pai,
 mãe ou responsável pelo (a) estudante (a)

autorizo-o (a) a participar do estudo **“USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTOS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS NO ENSINO DE ÁCIDOS-BASES NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA”**, como sujeito de pesquisa. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo professor Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade, bastando comunicar este fato ao professor.

Local e data: _____

Assinatura do responsável: _____

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL – QI**QUÍMICA****TEMA GERADOR: ÁCIDOS-BASES**

Nome: _____

QI1 – Você já estudou em algum ano escolar a temática “Ácidos-Bases”? Se sim, em qual ano escolar?

QI2 – O que você entende por ácido?

QI3 – O que você entende por base?

QI4 – Discorra acerca dos usos das substâncias ácidas no seu dia-a-dia.

QI5 – Discorra acerca dos usos das substâncias básicas no seu dia-a-dia.

APÊNDICE D - EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ÁCIDO-BASE

QUÍMICA

SIMULADOR PHET – OA Soluções Ácido-Base

Nome: _____

1 - Utilizando a simulação **Soluções Ácido-Base** disponibilizado no portal PhET, faça alguns testes com as soluções disponíveis no simulador e, utilizando os recursos disponíveis (pHmetro, fita indicadora e lâmpada), preencha o quadro a seguir.

Solução	Qual o pH apresentado no pHmetro?	Que cor ficou o papel indicador após inseri-lo na solução?	Condutividade. A lâmpada acendeu? Caso sim, o brilho foi forte ou fraco?
<i>Água</i>			
<i>Ácido Forte</i>			
<i>Ácido Fraco</i>			
<i>Base Forte</i>			
<i>Base Fraca</i>			

Após o preenchimento do quadro acima, o que você pode deduzir a respeito das características físico-químicas dos Ácidos-Bases?

APÊNDICE E - EXERCÍCIO DE INVESTIGAÇÃO DE FATORES QUE ESTÃO RELACIONADOS A SOLUÇÕES ÁCIDO-BASES - SIMULADOR PHET – OA Soluções Ácido-Base

QUÍMICA

Nome: _____

No simulador Soluções Ácido-Base utilize a aba “minha solução” para criar soluções de Ácidos e Bases seguindo o roteiro das questões a seguir:

- 1 – Na opção “minha solução” crie uma solução de Ácido forte partindo de uma concentração inicial igual a 0,001mol/L
 - Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer
Aumente a concentração dessa solução para 0,1mol/L.
 - Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer
O que você pode constatar com relação a quantidade de espécies químicas presentes no bequer com a variação da concentração do ácido?

Qual o pH e o pOH da solução nas duas situações?

Como a concentração afeta no pH da solução ácida?

O que você consegue constatar, quando for colocado um sistema conectado a uma lâmpada, quando a concentração da solução ácida passa por essa mudança de concentração? Justifique sua resposta baseada nas espécies químicas presentes na solução.

2 – Crie agora uma solução de Base forte partindo de uma concentração igual a 0,001mol/L.

- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer.

Aumente a concentração dessa solução para 0,1mol/L.

- Observe a quantidade de espécies químicas presentes no bequer

O que você pode constatar com relação a quantidade de espécies químicas presentes no bequer com a variação da concentração da base?

Qual o pH e o pOH da solução nas duas situações?

Como a concentração afeta no pH da solução básica?

O que você consegue constatar, quando for colocado um sistema conectado a uma lâmpada, quando a concentração da solução básica passa por essa mudança de concentração? Justifique sua resposta baseada nas espécies químicas presentes na solução.

**APÊNDICE F -EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS
ÁCIDO-BASE - SIMULADOR PHET – OA pH: básico da escala**

QUÍMICA

Nome: _____

Roteiro de Aula

Há 12 substâncias a serem analisadas pelo OA que são: Canja de galinha, líquido secante, sabonete, sangue, cuspe, leite, café, suco de laranja, refrigerante, vômito e ácido de bateria. Há um conta-gotas que será responsável pela colocação da substância que deseja analisar dentro do recipiente com os volumes estabelecidos. Você deverá descobrir se a substância possui caráter ácido ou básico através do uso do medidor de pH. Basta arrastar a haste de cor verde para dentro do recipiente para verificar o valor do pH.

Objetivos:

- Diferenciar substâncias ácidas e básicas;
- Conhecer o conceito de indicadores de ácidos e bases;
- Identificar a relação de diluição e variação de pH;

Atividade

1 – Escolha uma das 12 substâncias disponibilizadas para verificação do pH.

Sua escolha: _____

2 – Coloque em torno de 0,50L desta substância e verifique o valor do pH utilizando o pHmetro disponível no OA, indique se a substância é ácida ou básica.

pH: _____ Ácida ☐ Básica ☐

3 – Quando a substância passa por um processo de diluição em água, o pH irá ser alterado. Verifique esse ocorrido com a substância escolhida, faça acréscimo de água e preencha a tabela a seguir:

Nome da substância	pH da substância	pH da solução com 0,5L da substância + 0,25L de água	pH da solução com 0,5L da substância + 0,5L de água

O que você consegue concluir a respeito da relação de diluição e variação de pH, o que acontece com o pH de uma solução após a adição de água?

**APÊNDICE G - EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS
ÁCIDO-BASE - SIMULADOR PHET – OA Escala de pH**

QUÍMICA

Nome: _____

Roteiro de Aula

O OA “Escala de pH” 11 substâncias pré-definidas, que são: líquido secante, sabonete, sangue, cuspe, água, leite, café, cerveja, refrigerante, vômito e ácido de bateria. Há uma torneira que será responsável pela colocação da substância que deseja analisar dentro do recipiente com os volumes estabelecidos. Também possui uma torneira para retirar a substância em questão, além de uma terceira torneira para adição de água, diluição da substância. Você deverá nesta aula apresentar os cálculos de pH, fazendo uso de logaritmos e comprovar os valores apresentados no OA a partir das concentrações de H_3O^+ e OH^- presentes na solução.

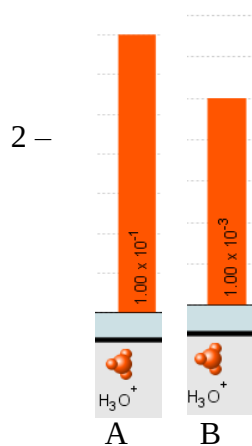
Atividade

1 – Escolha uma das substâncias presentes no OA listado acima no roteiro para sua atividade e identifique o pH.

Substância: _____

- a) Adicione 0,5L da substância escolhida no béquer. Verifique na tabela a direita o valor da concentração de íons presentes e efetue o cálculo do pH e do pOH desta substância utilizando o cálculo por logarítimo.

- b) Complete com água até obter uma solução de 1L da substância. Verifique novamente os valores de concentração de íons presentes e efetue o cálculo do pH e do pOH da solução.



Considerando duas soluções, cada uma sendo apresentadas na figura ao lado as concentrações de íons hidrônio, responda:

- a) Baseado nos cálculos de pH, qual das duas substâncias é um ácido mais forte e por quê?